

# アクティブフィルタ

LtAct による設計例

Ver.1.45

2020/08/28 ～

2020/12/04

はじめに

## はじめに

公開中の「LtAct」を使用すると、フリーで利用可能な電子回路シミュレータ「LTSpice」で利用可能なアクティブフィルタの回路図を作成することが出来ます。

「LtAct」でアクティブフィルタを設計する方法は非常に簡単ですが、フィルタの種類や遮断特性、周波数範囲、オペアンプの種類、設定した素子値によっては、作成した回路図を「LTSpice」でシミュレーションした時に設計した特性が得られないことがあります。

回路図を作成する時には、素子値の候補値が表示されて、様々な値を選択できます。しかし、どの素子値を選択しても、設計した特性が実現できる訳ではありません。

本文書では、「LtAct」で設計して「LTSpice」でシミュレーションした結果がおおむね満足できる設計例を紹介します。

さらに良好な特性を実現できる余地はありますので、ぜひトライして下さい。

## 素子値の設定方法

次数が 2 次以上のローパスフィルタの場合、バターワースとチェビシェフでは LP1 または LP2 という基本回路が複数個使用されます。

回路図を作成する時には、基本回路のコンデンサ C1 の値を入力すると、その他の素子値は LtAct が計算します。

各基本回路は、周波数と Q 値に応じて妥当な C1 の値を設定する必要があります。

妥当な C1 の値については、「まとめ LP1 の C1\_1 の値」～「まとめ LP4 の Cb1\_1 の値」などを参考にしてください。

「まとめ LP4 の Cb1\_1 の値」は、周波数が 1KHz, 10KHz, 100KHz および 1MHz で、Q 値が 5, 2 および 1 に対する推奨値です。

300KHz や 500KHz の推奨値は、「周波数による推奨値の調整」を参照して下さい。

また、「通過帯域幅とコンデンサの推奨値」も参照して下さい。

## 素子値の設定方法

はじめに

## 設計例の回路図データの利用

本書で紹介する設計例の回路図データは、「LtAct」をインストールしたフォルダの「OP のテストデータ」の「設計例」に保存してあります。

「設計例」の回路図を「LTSpice」でシミュレーションする前に、  
「LtAct」をインストールしたフォルダの「OP のテストデータ」の「asy-修正後」の asy  
ファイルを全て

`C:\Users\miura\Documents\LTspiceXVII\lib\sym\OpAmps`

にコピーしてください。

LtAct でアクティブフィルタを設計・作成した回路図の LTSpice によるシミュレーション  
結果が思わしくない時に、問題を解決するヒントになれば幸いです。

はじめに

### 特性の改善のために

回路図のコメントから、「LtAct」の「入力パラメータ」を知り、素子値を変更したり、オペアンプを変更して、新しい回路図を作成することもできます。

例えば、LP1\_10-100KHz-ADA4807-4.asc の場合

この回路図はアクティブフィルタ設計ソフト LtAct が出力しました  
**Low Pass Butterworth order = 10**  
**Fp = 100.0000KHz attp = 3.01dB Fs = 150.0000KHz atts = 35.22dB**

「フィルタの種類選択」で、「ローパスフィルタ」と「バターワース」および「次数を入力してフィルタを設計する」をチェックして「OK」を押して、

「次数」を 10、「カットオフ周波数」を 100KHz に設定します。

設計情報より「Fs / Fp」→  $150 / 100 = 1.5$  になるので、「Xs」を 1.5 に設定します。

従って、「LtAct」の「入力パラメータ」は次のようになります。

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ローパスフィルタ	遮断特性	バターワース
設計するフィルタの次数 m(<=58)	10		
カットオフ周波数 Fc	100	KHz	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fs/Fc	1.5	倍	キャンセル

LP1\_8-100KHz.asc の場合

この回路図はアクティブフィルタ設計ソフト LtAct が出力しました  
**Low Pass Butterworth order = 8**  
**Fp = 100.0000KHz attp = 6.00dB Fs = 150.0000KHz atts = 32.92dB**

ローパス・バターワースで「次数を入力してフィルタを設計する」をチェックすると、

「カットオフ周波数」における減推量は表示されず、自動的に 3.0103 dB となります。

「次数を入力してフィルタを設計する」をチェックしない時には、「カットオフ付近の減衰量」が指定可能になります。上の設計情報は、その例です。

「フィルタの種類選択」で、「ローパスフィルタ」と「バターワース」をチェックして、

「次数を入力してフィルタを設計する」をチェックしないで「OK」を押して、

「次数」を 8、「カットオフ付近の周波数」を 100KHz、「減衰量」を 6dB に設定します。

「Fs / Fp」→  $150 / 100 = 1.5$  なので、「Xs」を 1.5、「atts」を 30 に設定します。

特性の改善のために



はじめに

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ローパスフィルタ	遮断特性	バターワース
カットオフ付近で減衰域の周波数 $F_p$	100		KHz
周波数 $F_p$ における減衰量又はリップル $attp$	6		dB
減衰量を指定する周波数を $F_s$ として、 $X_s = F_s / F_p$	1.5		倍
周波数 $F_s$ における減衰量 $atts$	30		dB

OK キャンセル

BP4\_6-980Hz-1020Hz.asc の場合

この回路図はアクティブフィルタ設計ソフト LtAct が出力しました  
**Band Pass Inv. Cheb order = 6**  
**Fp1 = 980.0000 Hz Fp2 = 1.0200KHz attp = 0.01dB Fs1 = 890.9091 Hz Fs2 = 1.1220KHz atts = 94.74dB**

「フィルタの種類選択」で、「バンドパスフィルタ」と「逆チェビシェフ」および「次数」を入力してフィルタを設計する」をチェックして「OK」を押して、  
「次数」を6、「Fp1」を980Hz、「Fp2」を1020Hz、「attp」を0.01に設定します。  
「Fs2 / Fp2」を計算すると、 $1.122 / 1.020 = 1.1$  なので、「Xs」を1.1に設定します。

設計パラメータの入力

フィルタの種類	バンドパスフィルタ	遮断特性	Inv. Cheb
設計するフィルタの次数 $m(<=58)$	6		
通過帯域 下端の周波数 $F_{p1}$ : ( $F_{s1} = F_{p1} / x_s$ )	980		Hz
通過帯域 上端の周波数 $F_{p2}$ : ( $F_{s2} = F_{p2} * x_s$ )	1020		Hz
周波数 $F_{p1}, F_{p2}$ における減衰量又はリップル $attp$	0.01		dB
最低減衰量に達する周波数を $F_{s1}$ として、 $X_s = F_{p1} / F_{s1}$	1.1		倍

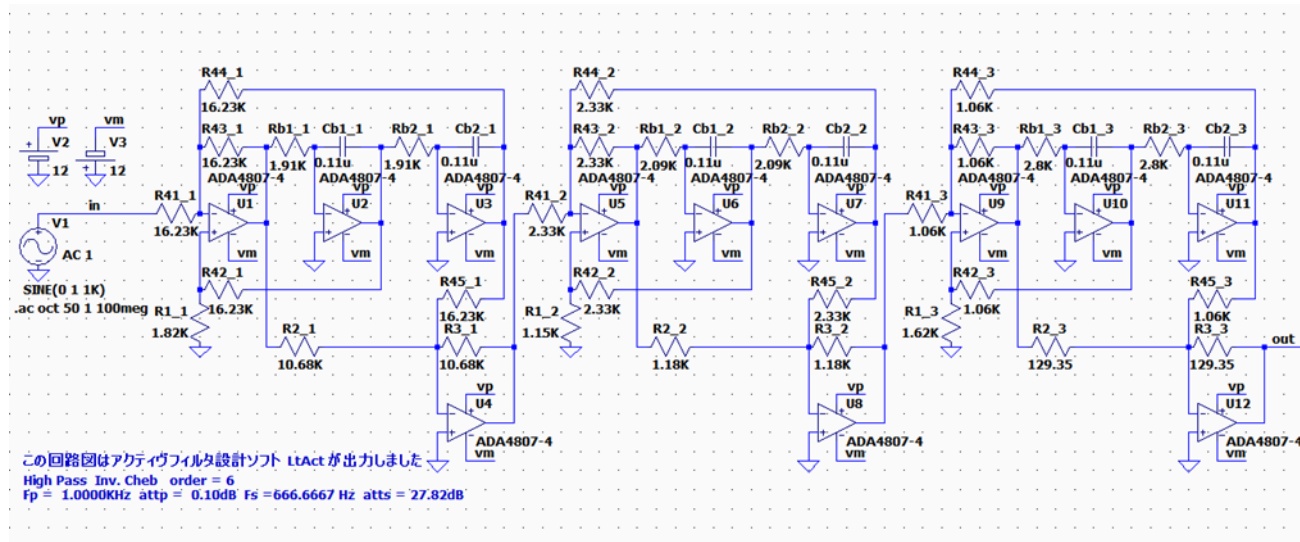
OK キャンセル

特性の改善のために

はじめに

## オーバーシュートの改善 事例-1

ハイパス・逆チェビシェフ 6次 1KHz



LtAct で作成したこの回路図は次のような特性が確認できました。



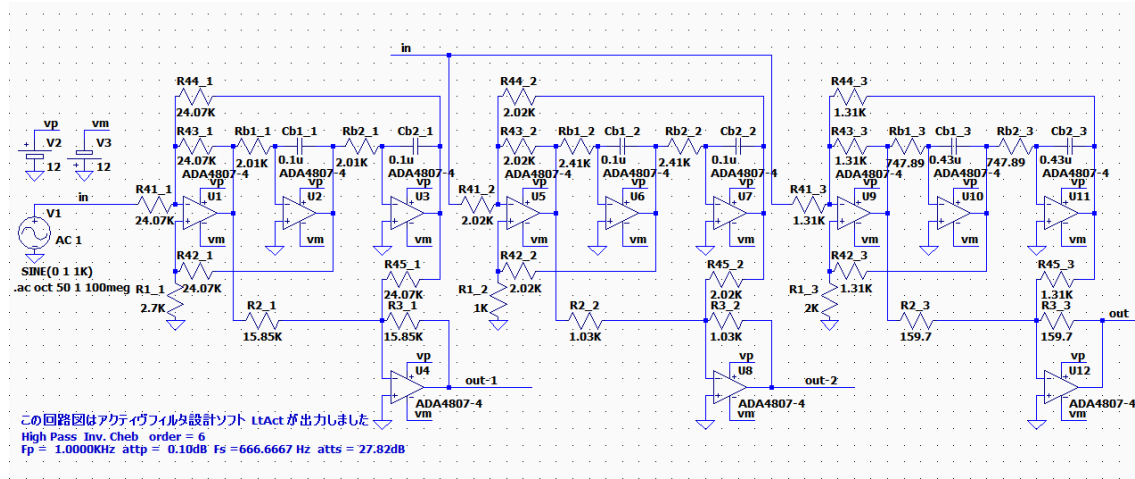
20MHz 付近に大きなオーバーシュートがあります。

このオーバーシュートを打ち消して通過帯域を広げる必要があります。

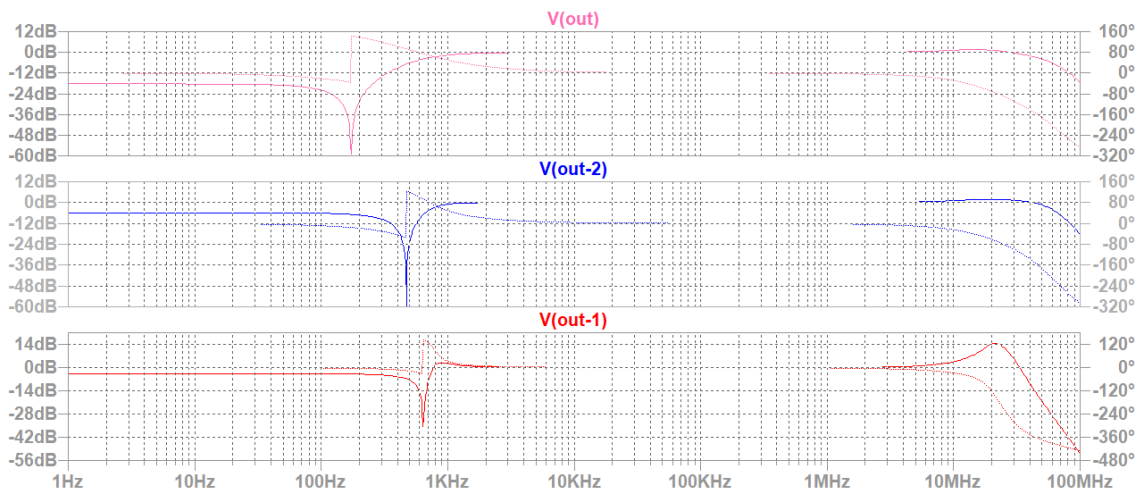
## オーバーシュートの改善 事例-1

はじめに

回路図を次のように変更して、1 番目から 3 番目までのブロックをそれぞれ単独に特性を確認できるようにします。回路図を変更せずに、out-1, out-2 および out を直接グラフ表示しても良いです。その場合、out-2, out には前のブロックの影響が含まれます。



LTSpice でシミュレーションして、それぞれの出力を確認して表示します。



はじめに

伝達関数の係数と Q 値を確認します。

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ High Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 1.0000KHz attp = 0.1000dB Fs =666.6667 Hz atts = 27.82dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	1.5086K	24.8644Meg	1.0000	0	16.3706Meg	Q=	3.3053
2	4.1216K	17.2668Meg	1.0000	0	8.7730Meg	Q=	1.0082
3	5.6302K	9.6692Meg	1.0000	0	1.1754Meg	Q=	0.5523

Q の値が 0.7 を超えると、オーバシュートが発生する可能性があります。  
しかし、念のためにすべてのブロックにオーバシュートが発生していないかを確認して、  
必要に応じて素子値を調整してオーバシュートを出来るだけ打ち消します。

LTSpice で確認すると、オーバシュートは主に 1 番目のブロックで発生しています。  
現在の素子値では、2 番目と 3 番目では小さいオーバシュートが発生しています。

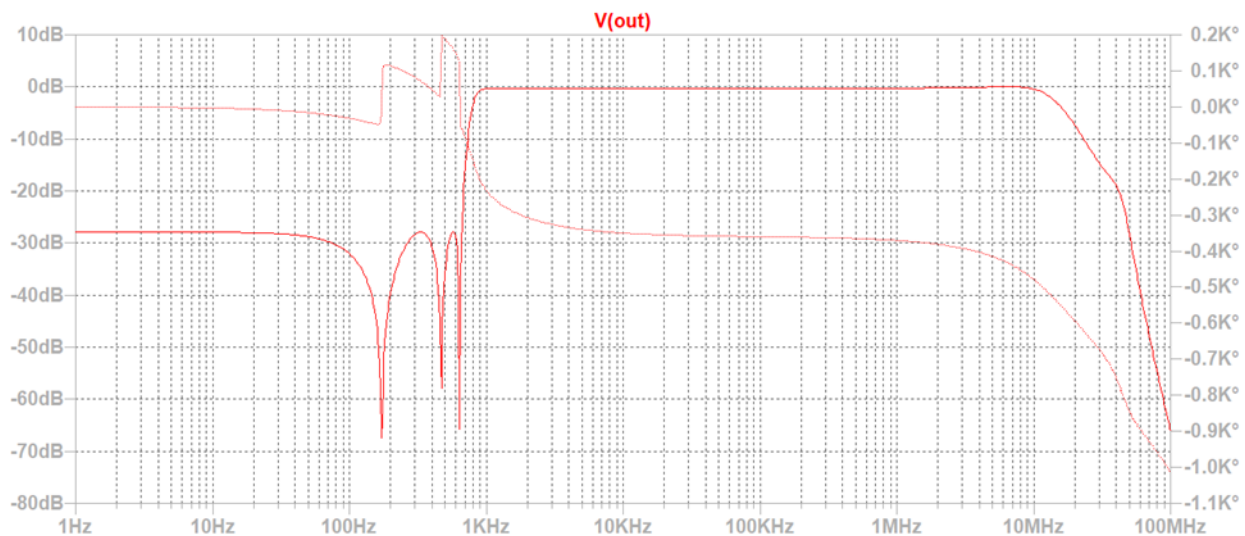
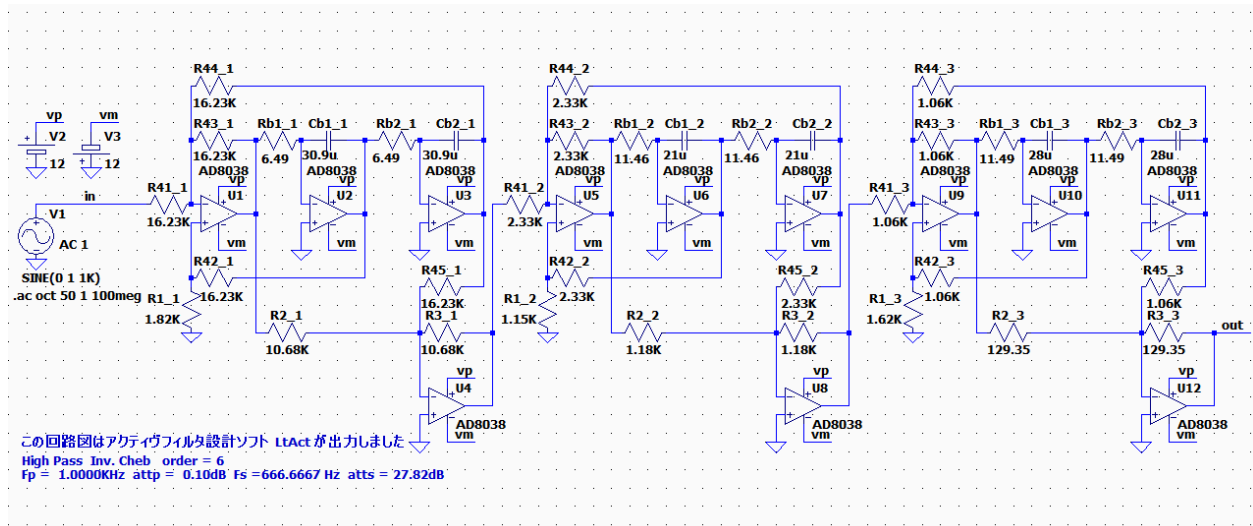
オーバシュートを打ち消すには、LTSpice で 1 番目のブロックの U4 の出力を確認して、  
LtAct で素子値を選択する時に Cb\_1 の素子値を大きな値に変更して回路図を作成しなお  
して再び U4 の出力を確認して、オーバシュートが消えるまでこの作業を繰り返します。

Cb\_1 を 10u, 20u, 30u と順に大きくしてオーバシュートを消すことが出来ました。  
1 番目のブロックのオーバシュートを消すことができたなら、次は 2 番目、3 番目のブロッ  
クの出力を確認して、必要に応じて Cb\_2, Cb\_3 の値を同様に調整します。

はじめに

最終的に、次の回路図が得られました。

ハイパス・逆チェビシェフ 6次 1KHz



オーバシュートはなく 1KHz から 10MHz までフラットです。

±3dB 以内の通過帯域が 3MHz から 10MHz まで広がりました。

オペアンプの利得帯域幅の制限により、どこまでもフラットになる訳ではありません。

オーバシュートの発生状況は、使用するオペアンプと基本回路により大きく異なります。

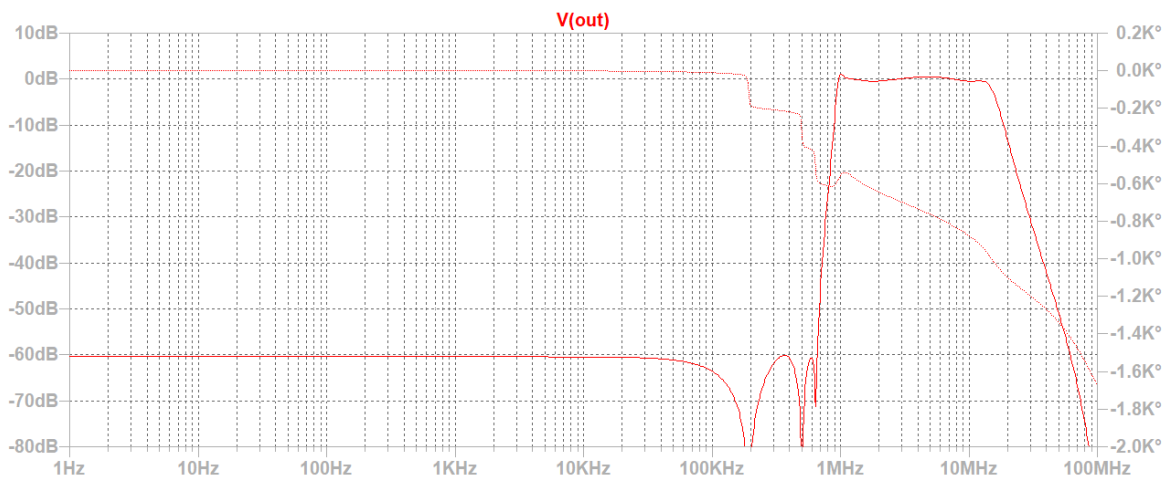
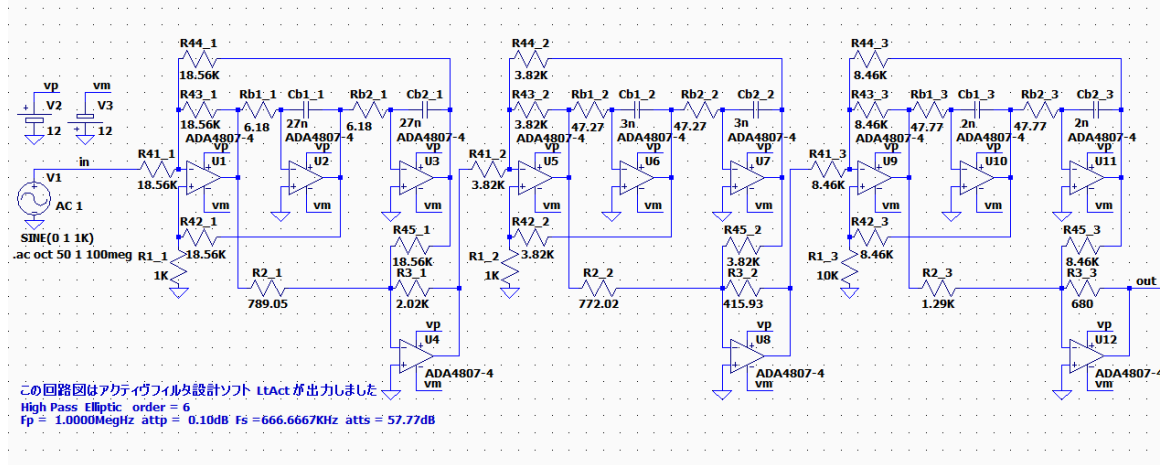
オーバシュートを消すためには Cb<sub>2</sub> の値を少しずつ大きくして、1 番目のブロックの出力のオーバシュートを消すことが重要です。2 番目以降のブロックは必要に応じて Cb<sub>2</sub> の値を少しずつ変更して確認します。ブロックを 1 個ずつ改善して下さい。

オーバシュートの改善 事例-1

はじめに

## オーバシュートの改善 事例-2

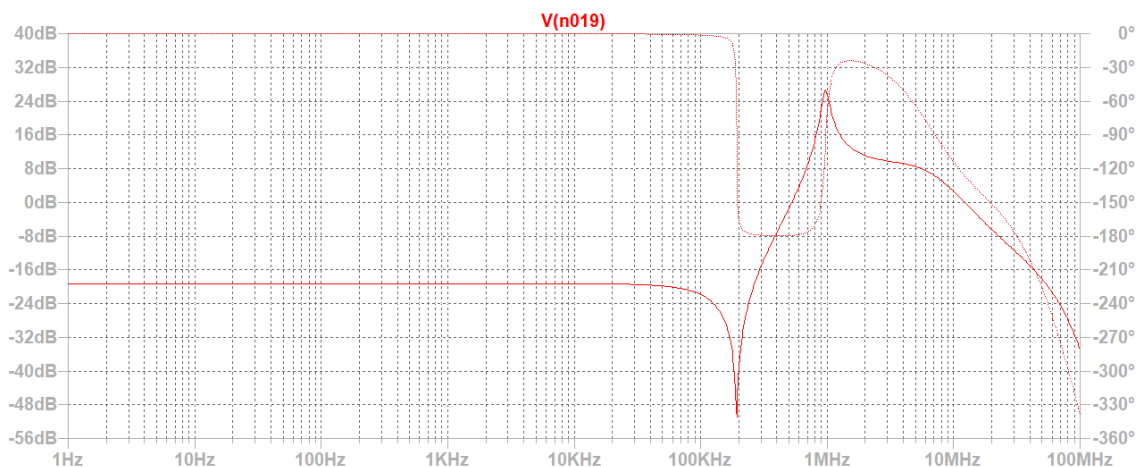
ハイパス・楕円関数 6次 1MHz



ADA4807-4 では、ゲインを調整するために R3\_3 を 921 から 680 に変更しました。

±3dB の帯域は 1MHz から 17MHz です。

Cb1\_1 を 27n に設定して、第 1 ブロックの出力の高域のオーバシュートを消しました。

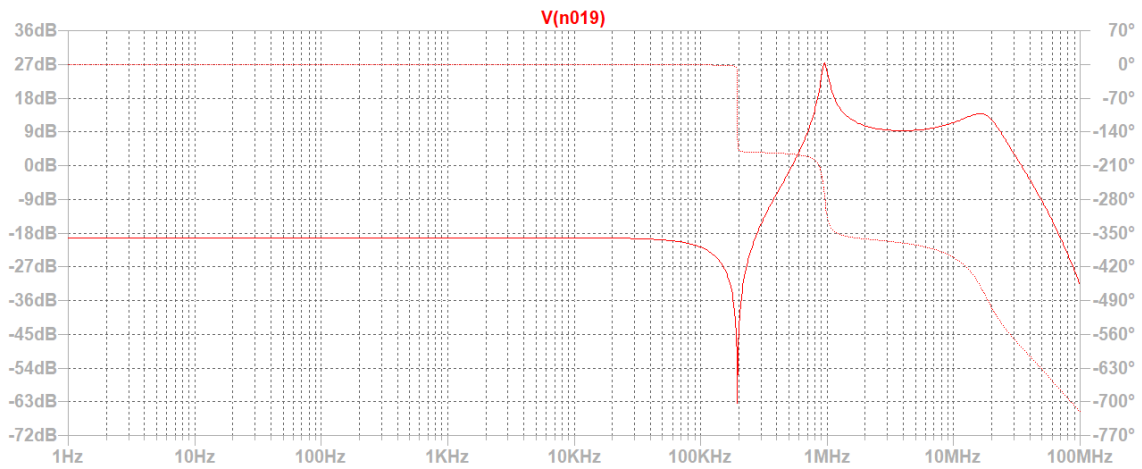


オーバシュートの改善 事例-2

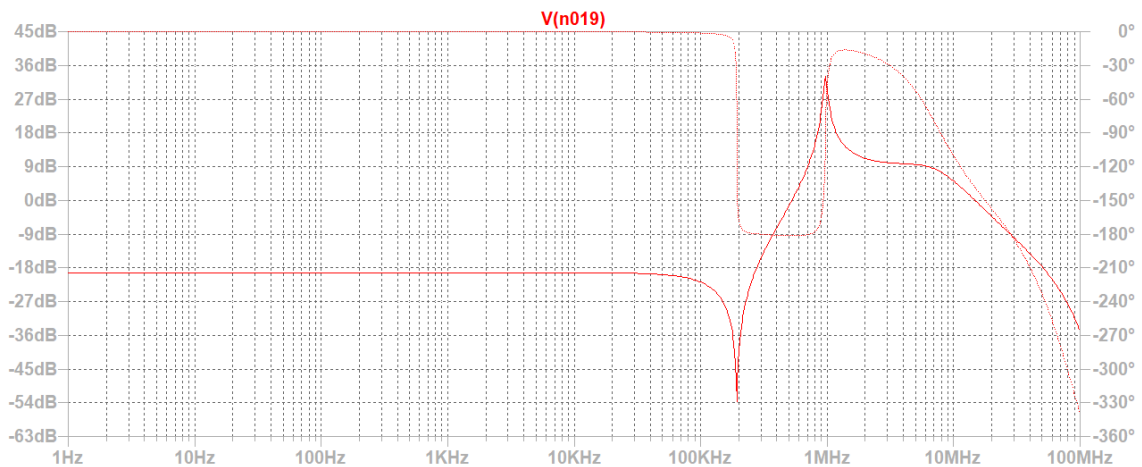


はじめに

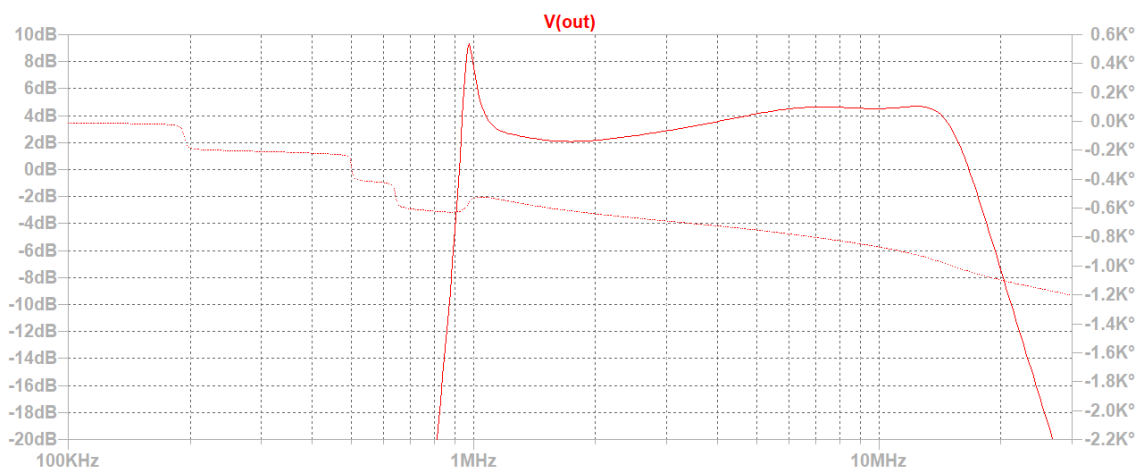
Cb1\_1 を 2n に設定すると、第 1 ブロックの出力にオーバーシュートが発生します。



Cb1\_1 を 20n に設定すると、第 1 ブロックのオーバーシュートが消えます。



この時の第 1 ブロックの出力にはまだオーバーシュートの名残が確認できます。



Cb1\_1 を調整して、第 1 ブロックの高域のオーバーシュートが消えてほぼ水平になっても、さらに高域が下降する程度まで調整する必要があるようです。

はじめに

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ High Pass Elliptic 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs =666.6667KHz atts = 57.77dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	919.7602K	35.9460T	2.5616	0	3.9155T	Q= 6.5185
2	4.3903Meg	49.7224T	0.5388	0	5.4161T	Q= 1.6062
3	17.0147Meg	109.5734T	0.7163	0	11.9355T	Q= 0.6152

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\楕円関数\test\HP3\_6-1.asc 作成日  
時 Sun Oct 04 04:17:07 2020

アナログ High Pass Elliptic 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs =666.6667KHz atts = 57.77dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 6.1775 Cb\_1 (2 個) = 27.0000n 誤差 = 0.3646 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 789.0548 R3\_1 = 2.0212K R4\_1 (5 個) =

18.5556K 誤差 = 5.0446 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 47.2719 Cb\_2 (2 個) = 3.0000n 誤差 = 0.5751 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 772.0206 R3\_2 = 415.9339 R4\_2 (5 個) =

3.8185K 誤差 = 4.9125 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 47.7659 Cb\_3 (2 個) = 2.0000n 誤差 = 1.6033 %

3 R1\_3 = 10.0000K R2\_3 = 1.2860K R3\_3 = 921.1405 R4\_3 (5 個) =

8.4565K 誤差 = 3.4429 %



## 目次

はじめに .....	1
素子値の設定方法 .....	1
設計例の回路図データの利用 .....	2
特性の改善のために .....	3
オーバシュートの改善 事例-1.....	5
オーバシュートの改善 事例-2.....	9
目次.....	12
ローパスフィルタ .....	19
基本回路 LP1 のコンデンサ値.....	19
ローパス・チェビシェフ 2 次 1KHz LP1 .....	19
まとめ LP1 の C1_1 の値.....	23
4 次 フィルタの設計手順 .....	24
基本回路 LP2 のコンデンサ値.....	26
ローパス・チェビシェフ 2 次 1KHz LP2 .....	26
まとめ LP2 の C1_1 の値.....	28
4 次 フィルタの設計手順 .....	29
バターワース .....	31
LP1_10-100KHz.asc.....	31
LP1_8-100KHz.asc.....	34
LP1_4-1Hz.asc.....	36
LP1_4-1MHz.asc .....	39
LP2_6-1MHz.asc .....	41
LP1_6-4MHz.asc .....	44
チェビシェフ .....	47
LP2_6-100KHz.asc.....	47
LP1_6-100KHz.asc.....	49
LP1_4-1Hz.asc.....	51
LP1_4-1MHz.asc .....	53
LP1_6-1MHz.asc .....	55
LP2_6-1MHz.asc .....	57
LP2_6-4MHz.asc .....	59
基本回路 LP3 のコンデンサ値.....	62

## 目次

ローパス・楕円関数 2 次 1KHz LP3 .....	62
まとめ LP3 の Cb1_1 の値 .....	65
LP3 回路の素子値の設定方法 .....	66
基本回路 LP4 のコンデンサ値 .....	72
ローパス・楕円関数 2 次 1KHz LP4 .....	72
まとめ LP4 の Cb1_1 の値 .....	73
LP4 回路の素子値の設定方法 .....	74
逆チェビシェフ .....	78
LP3_6-100KHz.asc .....	78
LP4_6-100KHz.asc .....	82
LP3_6-1MHz.asc .....	86
LP4_6-1MHz.asc .....	91
LP3_6-4MHz.asc .....	96
LP4_6-4MHz.asc .....	100
楕円関数 .....	105
LP3_6-1Hz-10u.asc .....	105
LP3_10-100KHz.asc .....	109
LP3_6-100KHz.asc .....	113
LP3_6-1MHz.asc .....	117
LP4_6-1MHz.asc .....	121
周波数による推奨値の調整 .....	126
もう一つの配分方法 .....	130
ハイパスフィルタ .....	131
基本回路 HP1 のコンデンサ値 .....	131
ハイパス・チェビシェフ 2 次 1KHz HP1 .....	131
まとめ HP1 の C1_1 の値 .....	133
4 次 フィルタの設計手順 .....	134
基本回路 HP2 のコンデンサ値 .....	136
ハイパス・チェビシェフ 2 次 1KHz HP2 .....	136
まとめ HP2 の C1_1 の値 .....	138
4 次 フィルタの設計手順 .....	139
バターワース .....	141
HP1_6-1KHz.asc .....	141
HP2_6-1KHz.asc .....	143
HP1_6-100KHz.asc .....	145
HP2_6-100KHz.asc .....	148

## 目次

HP1_6・1MHz.asc.....	151
HP2_6・1MHz.asc.....	154
チェビシェフ .....	157
HP1_6・1KHz.asc .....	157
HP2_6・1KHz.asc .....	160
HP1_6・100KHz.asc .....	163
HP2_6・100KHz.asc .....	166
HP1_6・1MHz.asc.....	169
HP2_6・1MHz.asc.....	172
基本回路 HP3 のコンデンサ値.....	175
ハイパス・楕円関数 2 次 1KHz HP3.....	175
まとめ HP3 の Cb1_1 の値 .....	178
HP3 回路の設計手順.....	179
基本回路 HP4 のコンデンサ値.....	181
ハイパス・楕円関数 2 次 1KHz HP4.....	181
まとめ HP4 の Cb1_1 の値 .....	183
HP4 回路の設計手順.....	184
逆チェビシェフ .....	186
HP3_6・1KHz.asc .....	186
HP4_6・1KHz.asc .....	189
HP3_6・100KHz.asc .....	192
HP4_6・100KHz.asc .....	195
HP3_6・1MHz.asc.....	198
HP4_6・1MHz.asc.....	201
楕円関数.....	204
HP3_6・1KHz.asc .....	204
HP4_6・1KHz.asc .....	207
HP3_6・100KHz.asc .....	210
HP4_6・100KHz.asc .....	215
HP3_6・1MHz.asc.....	218
HP4_6・1MHz.asc.....	221
バンドパスフィルタ .....	224
基本回路 BP1 のコンデンサ値 .....	224
バンドパス・チェビシェフ 2 次 0.7KHz-1.4KHz BP1 .....	224
まとめ BP1 の C1_1 の値.....	227
4 次 フィルタの設計手順 .....	228

## 目次

基本回路 BP2 のコンデンサ値 .....	231
バンドパス・チェビシェフ 2 次 0.7KHz-1.4KHz BP2 .....	231
まとめ BP2 の C1_1 の値 .....	234
4 次 フィルタの設計手順 .....	235
バターワース .....	237
BP2_6-10Hz - 10KHz.asc .....	238
通過帯域幅とコンデンサの推奨値 .....	242
BP1_6-10KHz - 30KHz.asc.....	243
BP2_6-10KHz - 30KHz.asc.....	246
BP1_6-100KHz - 300KHz.asc.....	249
BP2_6-100KHz - 300KHz.asc.....	252
BP1_6-600KHz - 1.2MHz.asc.....	255
BP2_6-600KHz - 1.2MHz.asc.....	258
チェビシェフ .....	261
BP2_6-0.01Hz-7Hz.asc .....	262
BP1_6-10KHz - 30KHz.asc.....	265
BP2_6-10KHz - 30KHz.asc.....	268
BP1_6-100KHz - 300KHz.asc.....	271
BP2_6-100KHz - 300KHz.asc.....	274
BP1_6-600KHz - 1200KHz.asc.....	277
BP2_6-600KHz - 1200KHz.asc.....	280
基本回路 BP3(et1)のコンデンサ値.....	283
バンドパス・楕円関数 2 次 1KHz-4KHz BP3.....	283
まとめ BP3(et1)の Cb1_1 の値 .....	285
4 次 フィルタの設計手順 .....	286
基本回路 BP4(et2)のコンデンサ値.....	289
バンドパス・楕円関数 2 次 1KHz-4KHz BP4.....	289
まとめ BP4(et2)の Cb1_1 の値 .....	291
4 次 フィルタの設計手順 .....	292
逆チェビシェフ .....	295
BP4_6-980Hz-1020Hz.asc .....	295
BP4_6-980Hz-1020KHz.asc .....	298
BP3_6-10KHz - 30KHz.asc.....	301
BP4_6-10KHz - 30KHz.asc.....	304
BP3_6-100KHz - 300KHz.asc.....	307
BP4_6-100KHz - 300KHz.asc.....	310

## 目次

BP3_6-600KHz - 1200KHz.asc.....	313
BP4_6-600KHz - 1200KHz.asc.....	316
楕円関数.....	319
BP3_6-0.01Hz-1Hz.asc .....	319
BP3_6-0.01Hz-20Hz.asc .....	322
BP3_6-20Hz-16KHz.asc .....	325
BP3_10-20Hz-100KHz.asc .....	328
BP3_6-10KHz-30KHz.asc.....	331
BP4_6-10KHz-30KHz.asc.....	334
BP3_6-100KHz-300KHz.asc.....	337
BP4_6-100KHz-300KHz.asc.....	340
BP3_6-600KHz - 1200KHz.asc.....	343
BP4_6-600KHz - 1200KHz.asc.....	346
バンドエリミネーションフィルタ .....	354
基本回路 BE1(et1)のコンデンサ値 .....	354
BE・楕円関数 2次 1KHz-10KHz BE1 .....	354
まとめ BE1(et1)の Cb1_1 の値.....	356
4次 フィルタの設計手順 .....	357
3次 フィルタの設計手順 .....	359
基本回路 BE2(et2)のコンデンサ値 .....	362
BE・楕円関数 2次 1KHz-4KHz BE2 .....	362
まとめ BE2(et2)の Cb1_1 の値.....	364
4次 フィルタの設計手順 .....	365
3次 フィルタの設計手順 .....	367
バターワース .....	370
BE1_6-10KHz-30KHz.asc .....	370
BE2_6-10KHz-30KHz.asc .....	373
BE1_6-100KHz-300KHz.asc .....	376
BE2_6-100KHz-300KHz.asc .....	381
BE1_6-600KHz-1200KHz.asc .....	384
BE2_6-600KHz-1200KHz.asc .....	387
チェビシェフ .....	390
BE1_6-10KHz-30KHz.asc .....	390
BE2_6-10KHz-30KHz.asc .....	395
BE1_6-100KHz-300KHz.asc .....	398
BE2_6-100KHz-300KHz.asc .....	401

## 目次

BE1_6-600KHz-1200KHz.asc .....	404
BE2_6-600KHz-1200KHz.asc .....	408
逆チェビシェフ .....	412
BE1_6-10KHz-30KHz.asc .....	412
BE2_6-10KHz-30KHz.asc .....	415
BE1_6-100KHz-300KHz.asc .....	418
BE2_6-100KHz-300KHz.asc .....	421
BE1_6-600KHz-1200KHz.asc .....	424
BE2_6-600KHz-1200KHz.asc .....	427
楕円関数.....	430
BE1_6-10KHz-30KHz.asc .....	430
BE2_6-10KHz-30KHz.asc .....	433
BE1_6-100KHz-300KHz.asc .....	436
BE2_6-100KHz-300KHz.asc .....	439
BE1_6-600KHz-1200KHz.asc .....	442
BE2_6-600KHz-1200KHz.asc .....	445
基本回路とコンデンサの推奨値.....	448



## ローパスフィルタ

## ローパスフィルタ

## 基本回路 LP1 のコンデンサ値

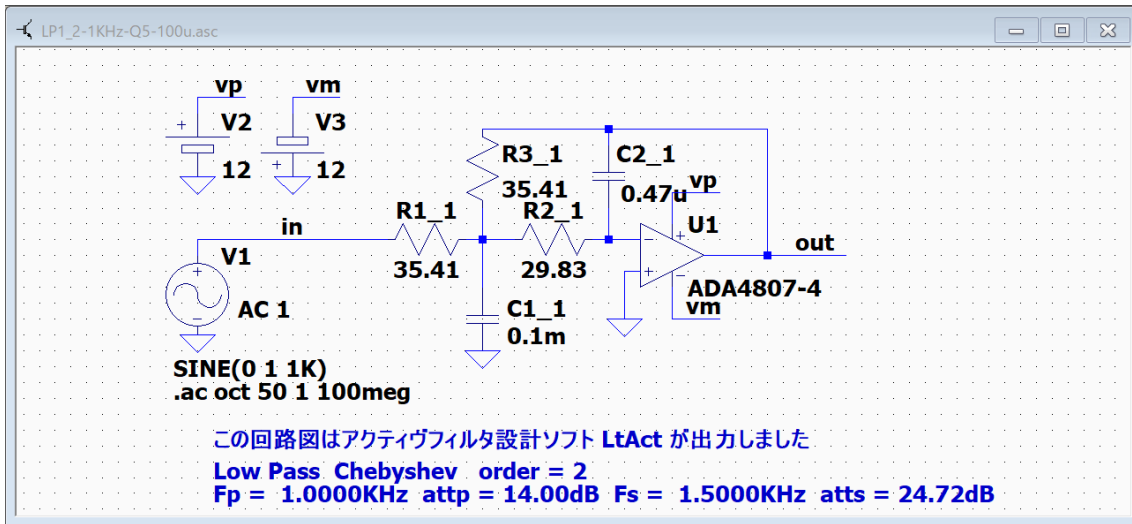
LP1 はバターワースとチェビシェフのローパスフィルタで使用する基本回路です。

フィルタの周波数と回路の Q 値ごとにコンデンサの利用可能な値を確認しました。

C1\_1 の値を 10p から 100u まで、遮断特性を確認して推奨値をまとめました。

高次数のローパスフィルタのコンデンサ値を設定する時に参考になると思います。

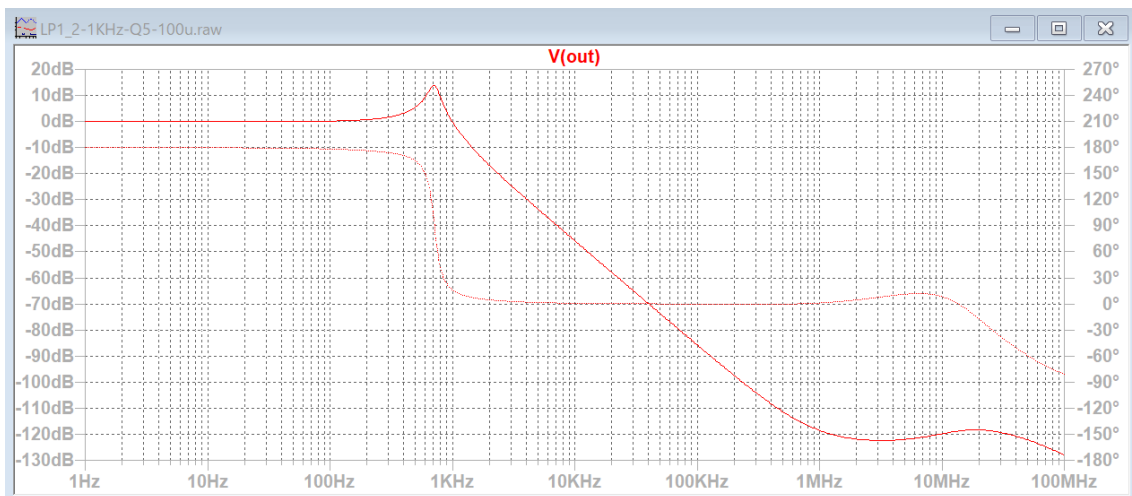
## ローパス・チェビシェフ 2 次 1KHz LP1



Q 値が 5, 2, 1 に対して、C1\_1 を 100u から 10p の間で値を変更して、遮断域において 100MHz まで直線的に減衰量が増加する値を探します。

ローパス・チェビシェフの「設計パラメータの入力」で、リップルを 14, 8, 2 に設定すると、Q 値がそれぞれ約 5, 2, 1 になります。

Q=5, 1KHz, C1\_1=100u の場合



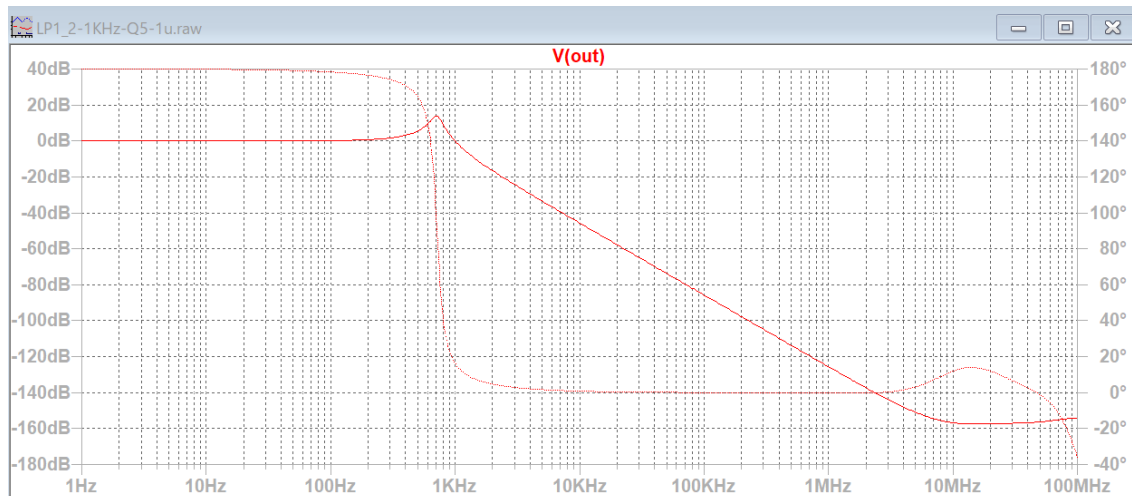
1MHz 以上で減衰量が停滞しています。

基本回路 LP1 のコンデンサ値ローパス・チェビシェフ 2 次 1KHz LP1

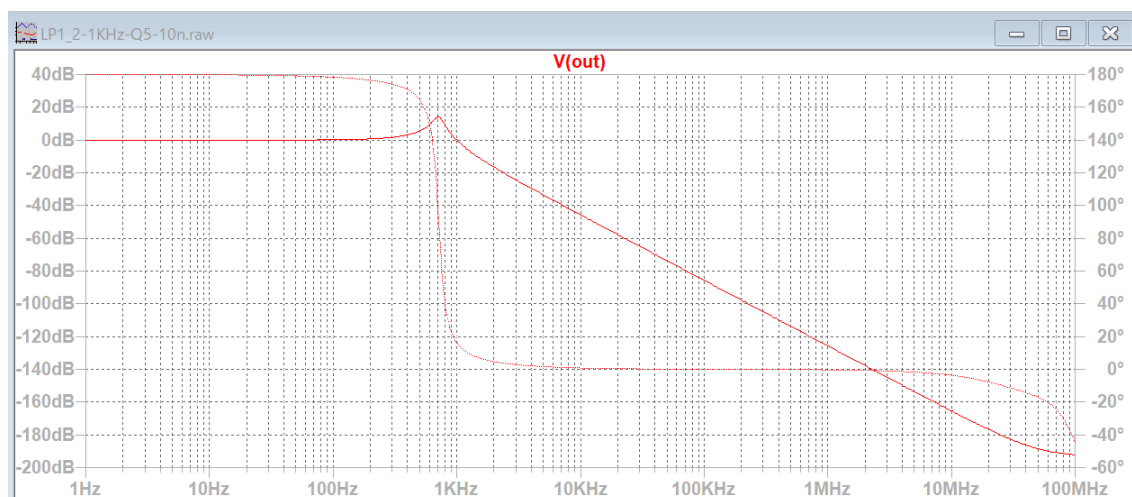


## ローパスフィルタ

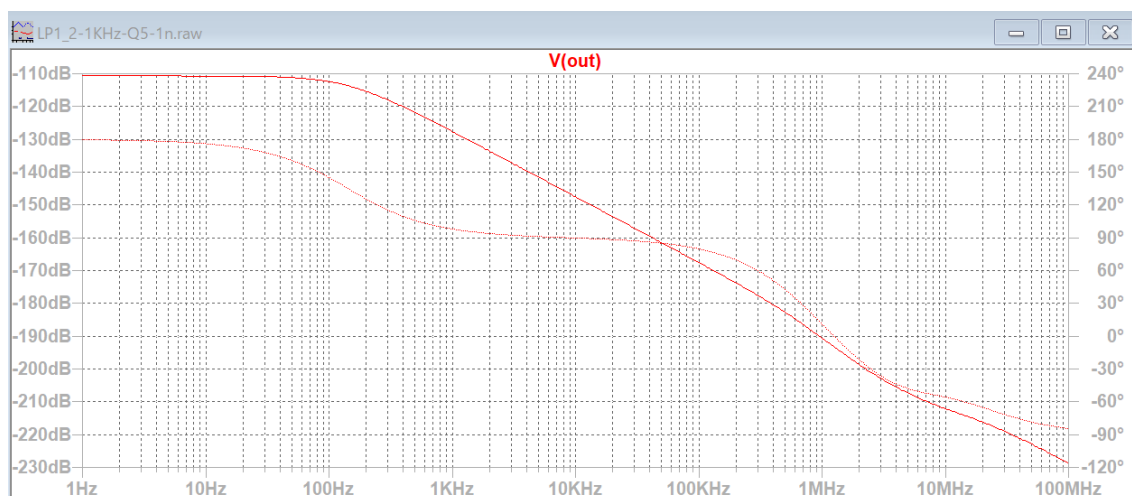
$Q=5$ , 1KHz,  $C1\_1=1\mu$  の場合 10MHz 以上で減衰量が停滞しています。



$Q=5$ , 1KHz,  $C1\_1=10n$  の場合 1KHz から 100MHz まで減衰量が直線的に増加します。



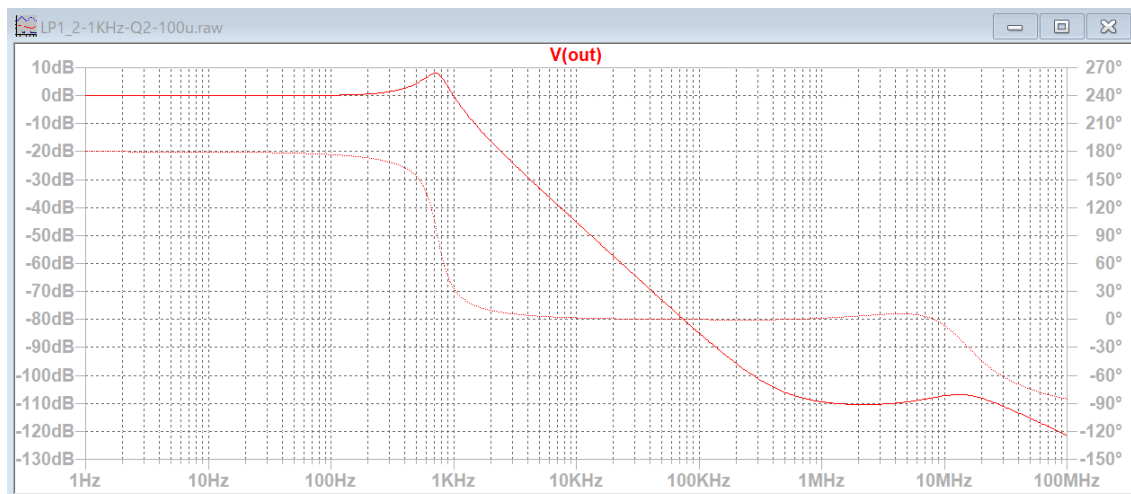
$Q=5$ , 1KHz,  $C1\_1=1n$  の場合 出力が-110dB となり、フィルタとして機能しません。



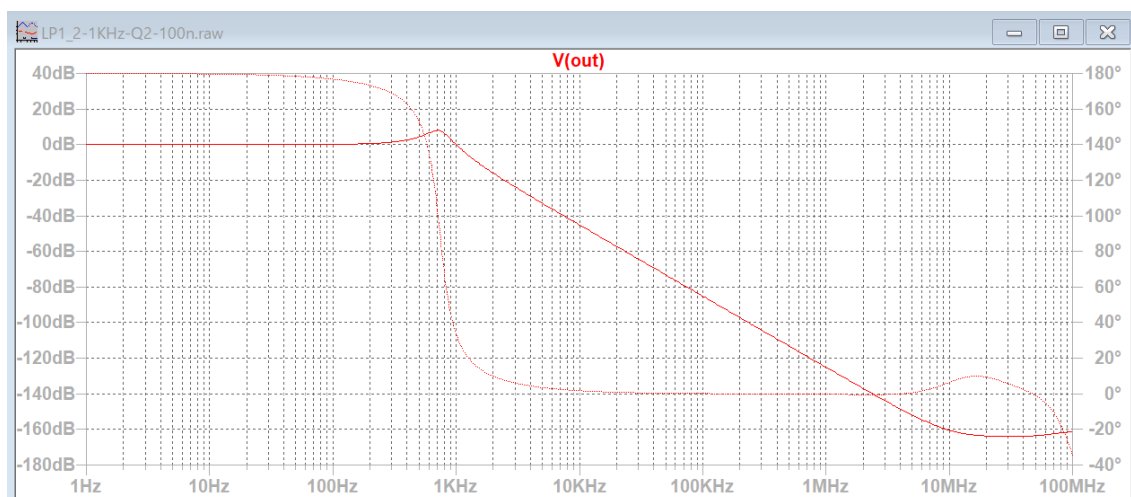
基本回路 LP1 のコンデンサ値ローパス・チェビシェフ 2次 1KHz LP1

## ローパスフィルタ

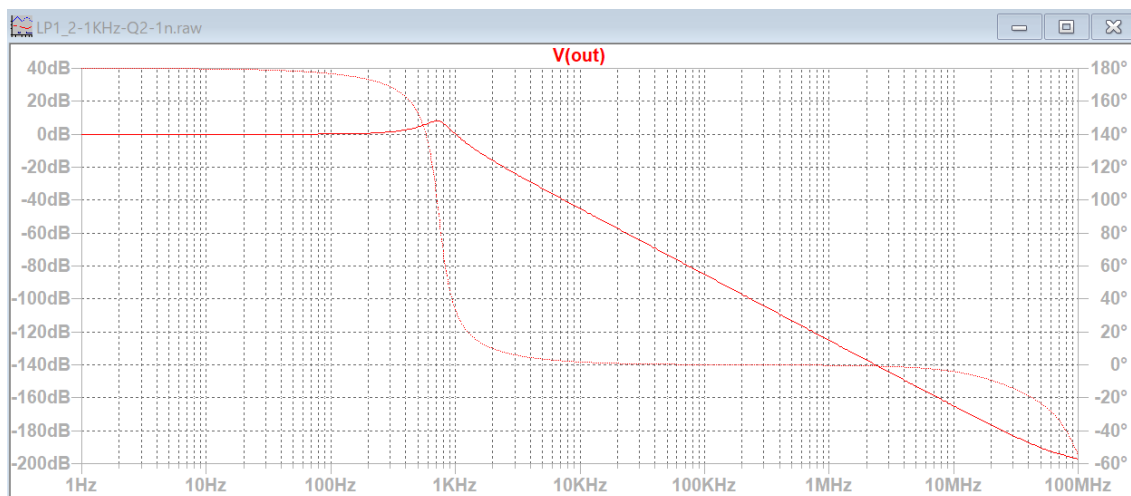
$Q=2$ ,  $1\text{KHz}$ ,  $C1\_1=100\mu$  の場合  $1\text{MHz}$  以上で減衰量が停滞しています。



$Q=2$ ,  $1\text{KHz}$ ,  $C1\_1=100\text{n}$  の場合  $10\text{MHz}$  以上で減衰量が停滞しています。



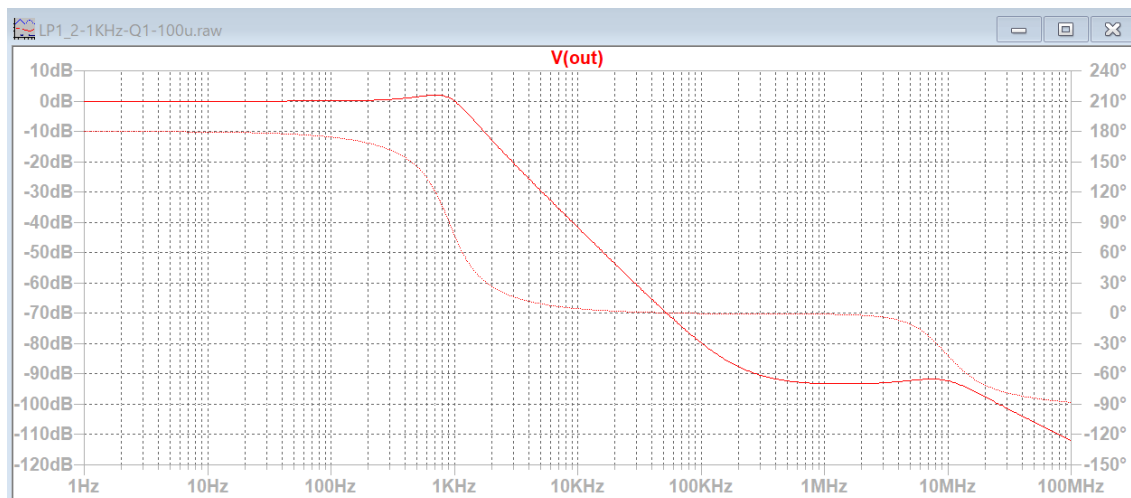
$Q=2$ ,  $1\text{KHz}$ ,  $C1\_1=1\text{n}$  の場合  $100\text{MHz}$  まで減衰量が直線的に増加します



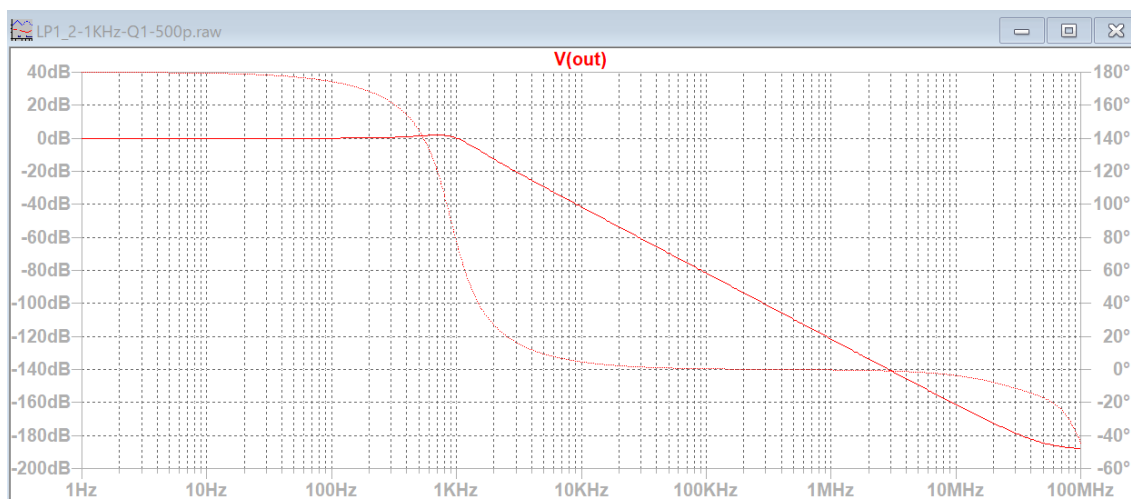
基本回路 LP1 のコンデンサ値ローパス・チェビシェフ 2次  $1\text{KHz}$  LP1

## ローパスフィルタ

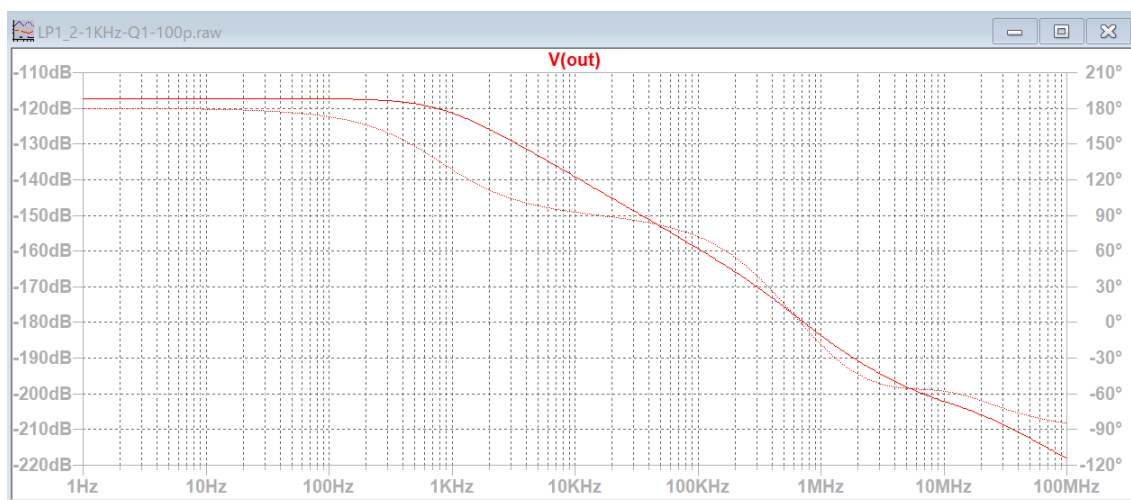
$Q=1$ ,  $1\text{KHz}$ ,  $C1\_1=100\mu$  の場合  $500\text{KHz}$  以上で減衰量が停滞しています。



$Q=1$ ,  $1\text{KHz}$ ,  $C1\_1=500\text{p}$  の場合  $100\text{MHz}$  まで直線的に減衰量が増加します。



$Q=1$ ,  $1\text{KHz}$ ,  $C1\_1=100\text{p}$  の場合 フィルタとして機能しません。



基本回路 LP1 のコンデンサ値ローパス・チェビシェフ 2次 1KHz LP1

まとめ LP1 の C1\_1 の値

この表はオペアンプに ADA4807-4 を利用する場合の値です。

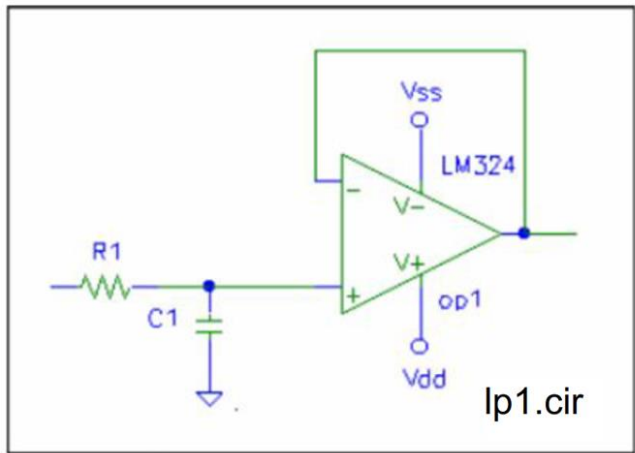
LP1	C1_1の値		
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	10n	1n	0.5n
10	1n	0.1n	0.1n
100	1n	1n	0.1n
1000	1n	1n	0.1n

表の値は参考値です。オーバシュートが発生する程度の値が望ましい時などもありますので、希望する特性が得られなかったときは広範囲に値を変えて実験して下さい。

表の拡張について

周波数が 1KHz 以下の場合や 1MHz を越える場合、および Q 値が 10 以上の場合には、これまで説明した方法によって、その周波数と Q 値に最適なコンデンサの値を探して表を拡張してから回路図を作成するようにしてください。

奇数次数のローパスフィルタには、1 次のフィルタが追加されます。C1 を周波数に見合った適当な値に設定して下さい。



lp1 (1次)	C1の値
周波数 KHz	
1	1n
10	0.1n
100	10p
1000	10p

図 2－1 1 次のローパスフィルタ基本回路 1 lp1\_1.cir

基本回路「lp1.cir」は、LP1, LP2, LP3, LP4 で利用されます。

## ローパスフィルタ

## 4 次 フィルタの設計手順

## 設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ 遮断特性 チェビシェフ

設計するフィルタの次数  $m(≤58)$  4

カットオフ周波数  $F_c$  10 KHz

周波数  $F_c$  における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍

OK キャンセル

4 次ローパス・チェビシェフフィルタを「まとめ LP1 の C1\_1 の値」を参考にして設計する手順を説明します。

伝達関数の係数をファイルに出力します。

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Low Pass Chebyshev 次数=4

$F_p = 10.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 15.0000\text{KHz}$   $atts = 11.42\text{dB}$

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$H_n = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	33.1949K	5.2508G	0	0	5.2508G	2.1829
2	80.1395K	2.4592G	0	0	2.4592G	0.6188

周波数は 10KHz、Q 値は第 1 ブロックが 2.18、第 2 ブロックが 0.6 なので、「まとめ LP1 の C1\_1 の値」を参考にして、「LP1」を選択してから、「LP1\_4-10KHz-1n500p.asc」と入力して、C1\_1 に 1n、C1\_2 に 0.5n を設定して回路図ファイルを作成します。

フィルタ回路の定数

2 次のフィルタ回路の定数決定

C1\_1 = 1n R1\_1 = 93.2889K C2\_1 = 24.0000p R2\_1 = 85.0623K

E24 シリーズからの誤差 4.3567 %

変更後の誤差を確認する E24 シリーズの値で近似する

次の候補の値を見る OK E24 シリーズを変更

フィルタ回路の定数

2 次のフィルタ回路の定数決定

C1\_2 = 0.51n R1\_2 = 81.7355K C2\_2 = 0.1600n R2\_2 = 60.9683K

E24 シリーズからの誤差 1.7229 %

変更後の誤差を確認する E24 シリーズの値で近似する

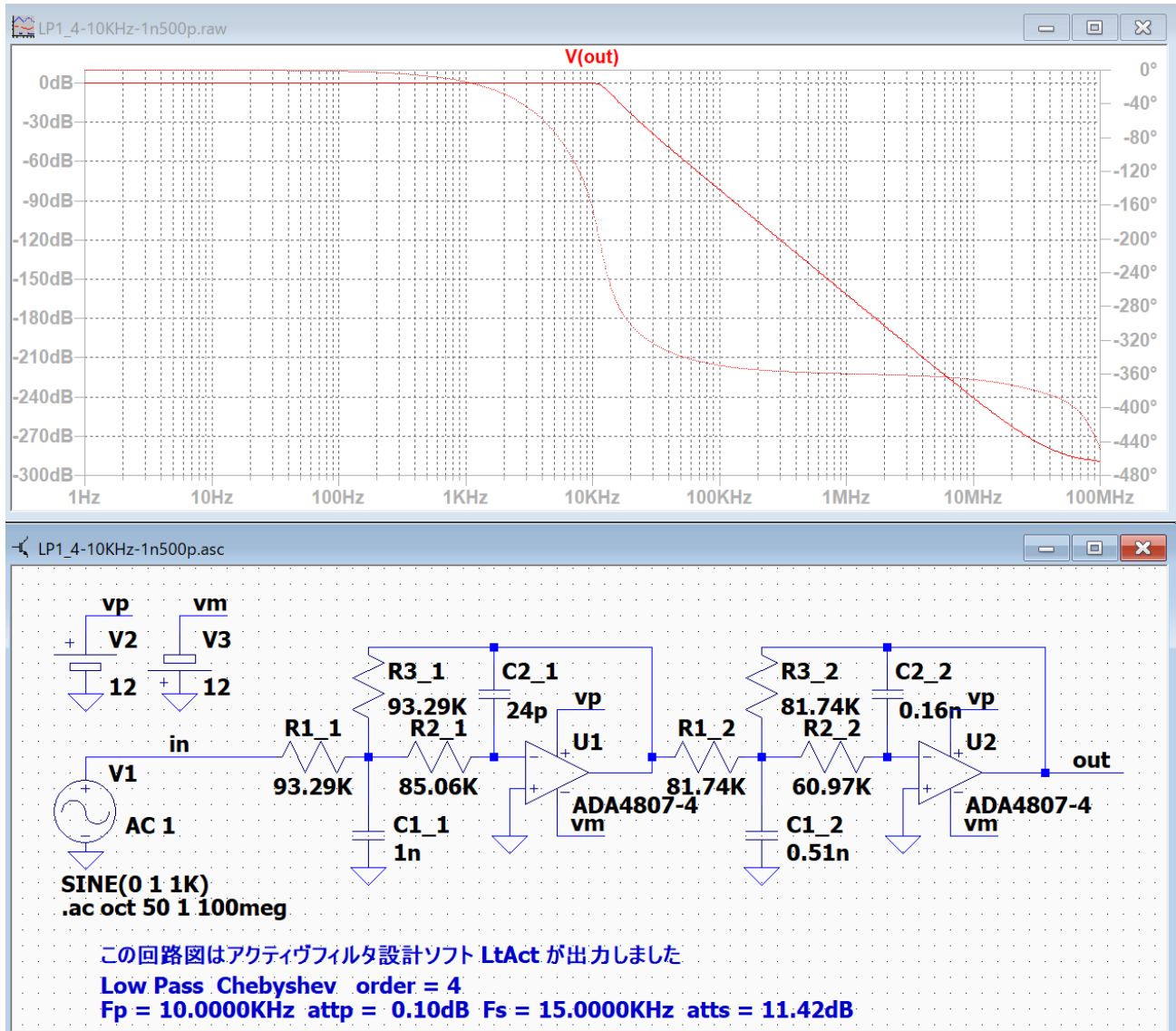
次の候補の値を見る OK E24 シリーズを変更

基本回路 LP1 のコンデンサ値 4 次 フィルタの設計手順

## ローパスフィルタ

「データファイルを開く」で、「LP1\_4-10KHz-1n500p.asc」を選択して開きます。

LTSpice 上で、「RUN」をクリックして、回路図の「out」を確認します。



特に問題がないので、これで完成です。

## ローパスフィルタ

## 基本回路 LP2 のコンデンサ値

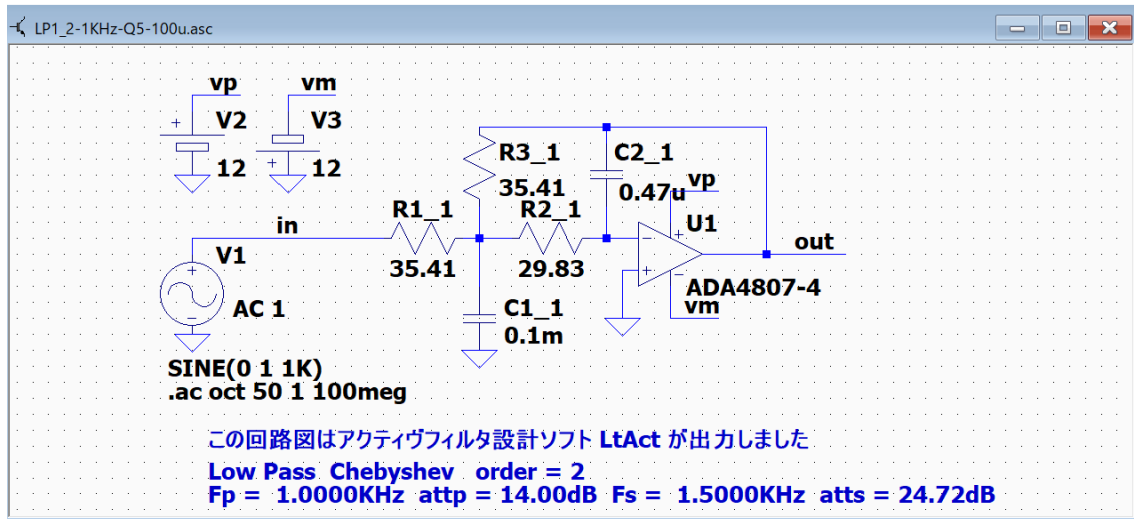
LP2 はバターワースとチェビシェフのローパスフィルタで使用される基本回路です。

フィルタの周波数と回路の Q 値ごとにコンデンサの利用可能な範囲を確認しました。

C1\_1 の値を 10p から 100u まで、遮断特性を確認して推奨値をまとめました。

高次数のローパスフィルタのコンデンサ値を設定する時に参考になると思います。

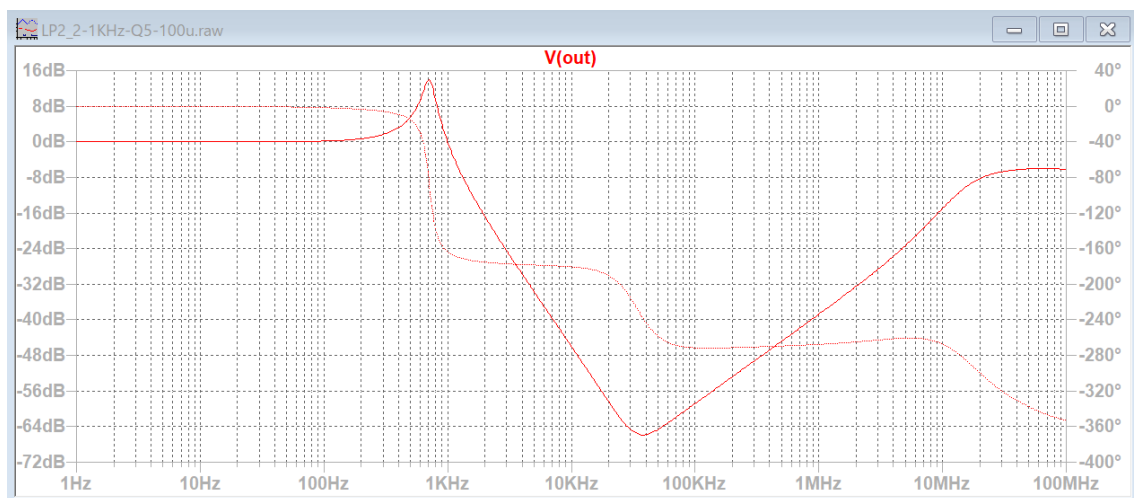
## ローパス・チェビシェフ 2 次 1KHz LP2



Q 値が 5, 2, 1 に対して、C1\_1 を 100u から 10p の間で値を変更して、遮断域において 1KHz から 100MHz まで直線的に減衰量が増加する値を探します。

ローパス・チェビシェフの「設計パラメータの入力」で、リップルを 14, 8, 2 に設定すると、Q 値がそれぞれ約 5, 2, 1 になります。

Q=5, 1KHz, C1\_1=100u の場合 40KHz から減衰量が-7dB まで減少する。

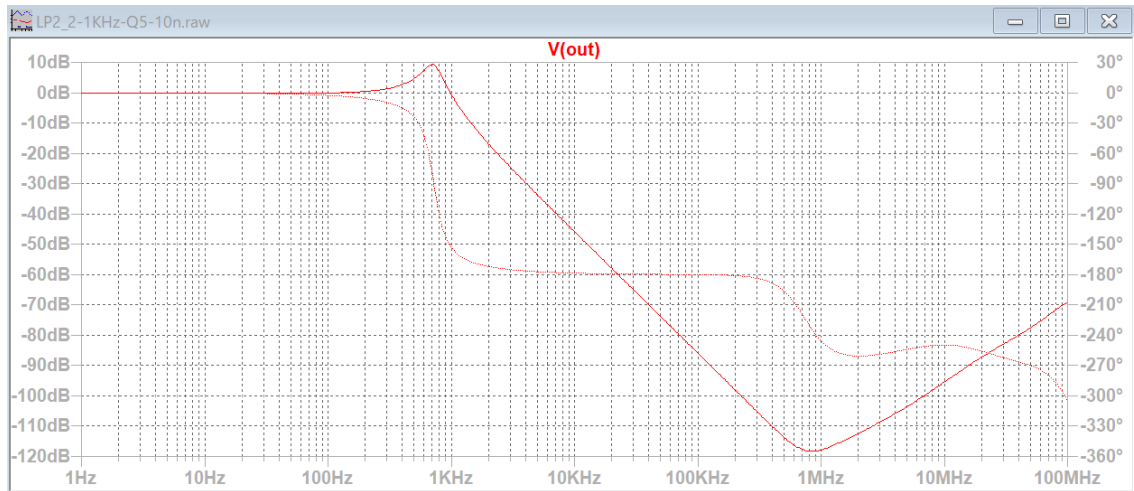


## 基本回路 LP2 のコンデンサ値ローパス・チェビシェフ 2 次 1KHz LP2

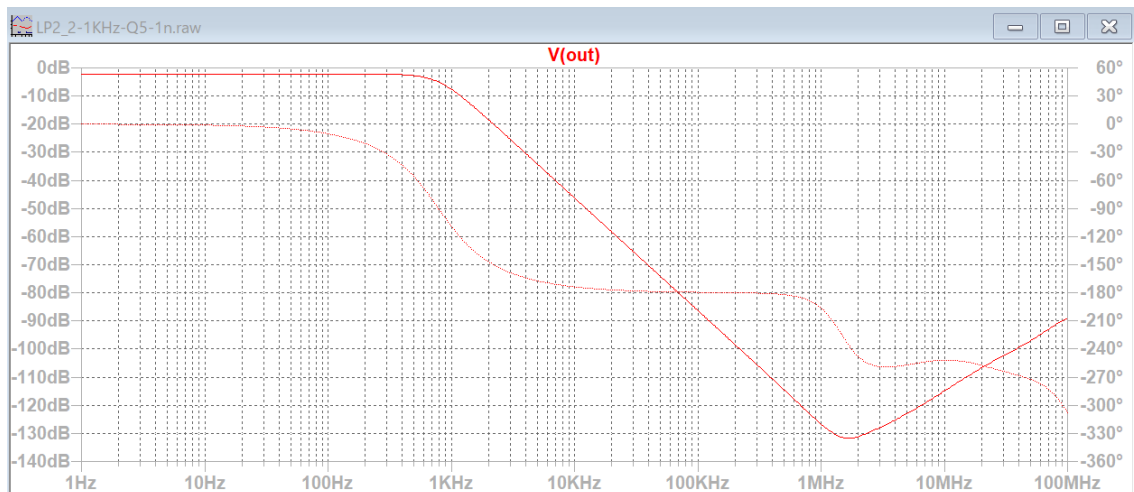


## ローパスフィルタ

$Q=5$ , 1KHz,  $C1\_1=10n$  の場合 800KHz から減衰量が減少するが、-70dB を確保する。



$Q=5$ , 1KHz,  $C1\_1=1n$  の場合 通過域の減衰量が -1dB になるので推奨できない。



この基本回路では、阻止域の途中から減衰量が減少する特性を示すので、出来るだけ高い周波数まで減衰量が増加するコンデンサの値を選択する。



ローパスフィルタ

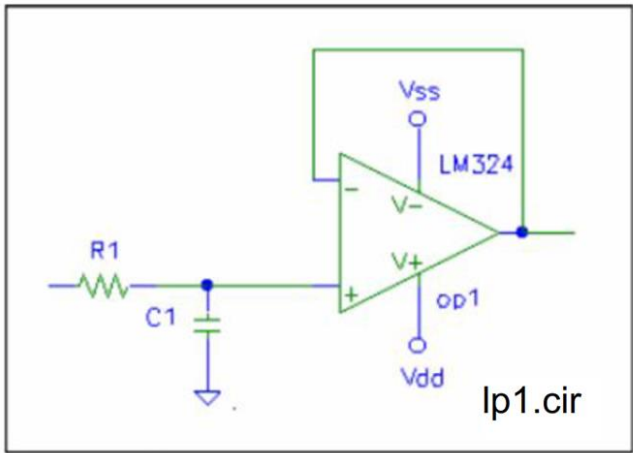
まとめ LP2 の C1\_1 の値

この表はオペアンプに ADA4807-4 を利用する場合の値です。

LP2	C1_1の値		
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	10n	1n	1n
10	1n	1n	1n
100	1n	1n	0.1n
1000	1n	0.1n	0.1n

表の値は参考値です。オーバシュートが発生する程度の値が望ましい時などもありますので、希望する特性が得られなかったときは広範囲に値を変えて実験して下さい。

奇数次数のローパスフィルタには、1 次のフィルタが追加されます。C1 を周波数に見合った適当な値に設定して下さい。



lp1 (1次)	C1の値
周波数 KHz	
1	1n
10	0.1n
100	10p
1000	10p

図 2－1 1 次のローパスフィルタ基本回路 1 lp1\_1.cir

基本回路「lp1.cir」は、LP1, LP2, LP3, LP4 で利用されます。

## ローパスフィルタ

## 4 次 フィルタの設計手順

設計パラメータの入力

4 次ローパス・チェビシェフフィルタを「まとめ LP2 の C1\_1 の値」を参考にして設計する手順を説明します。

伝達関数の係数をファイルに出力します。

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Low Pass Chebyshev 次数=4

Fp = 10.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 15.0000KHz atts = 11.42dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

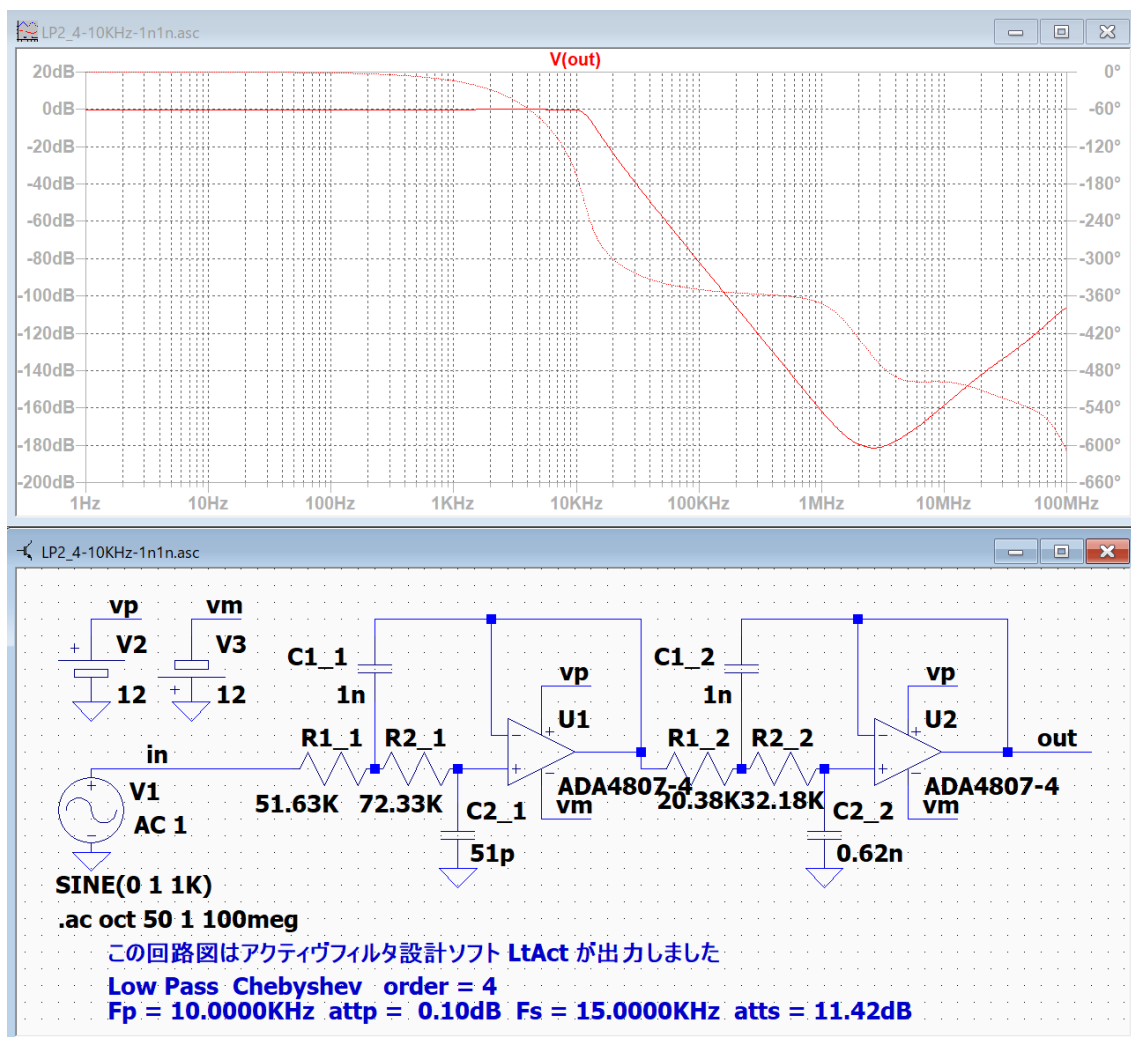
2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	33.1949K	5.2508G	0	0	5.2508G	2.1829
2	80.1395K	2.4592G	0	0	2.4592G	0.6188

周波数は 10KHz、Q 値は第 1 ブロックが 2.18、第 2 ブロックが 0.6 なので、「まとめ LP2 の C1\_1 の値」を参考にして、「LP2」を選択してから、「LP2\_4-10KHz-1n1n.asc」と入力して、C1\_1 に 1n、C1\_2 に 1n を設定して回路図ファイルを作成します。

## ローパスフィルタ

「データファイルを開く」で、「LP2\_4-10KHz-1n1n.asc」を選択して開きます。  
LTSpice 上で、「RUN」をクリックして、回路図の「out」を確認します。



3MH から減衰量が減少しますが、-100dB を確保しているなので、これで完成です。

ローパスフィルタ

## バターワース

LP1\_10-100KHz.asc

ローパス・バターワース 10 次 100KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ローパスフィルタ	遮断特性	バターワース
設計するフィルタの次数 m(<=58)	10		
カットオフ周波数 Fc	100	KHz	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fs/Fc	1.5	倍	キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アログ Low Pass Butterworth 次数=10

Fp=100.0000KHz attp = 3.0103dB Fs =150.0000KHz atts = 35.22dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	196.5813K	394.7842G	0	0	394.7842G	Q=	3.1962
2	570.5013K	394.7842G	0	0	394.7842G	Q=	1.1013
3	888.5766K	394.7842G	0	0	394.7842G	Q=	0.7071
4	1.1197Meg	394.7842G	0	0	394.7842G	Q=	0.5612
5	1.2412Meg	394.7842G	0	0	394.7842G	Q=	0.5062

「まとめ LP1 の C1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

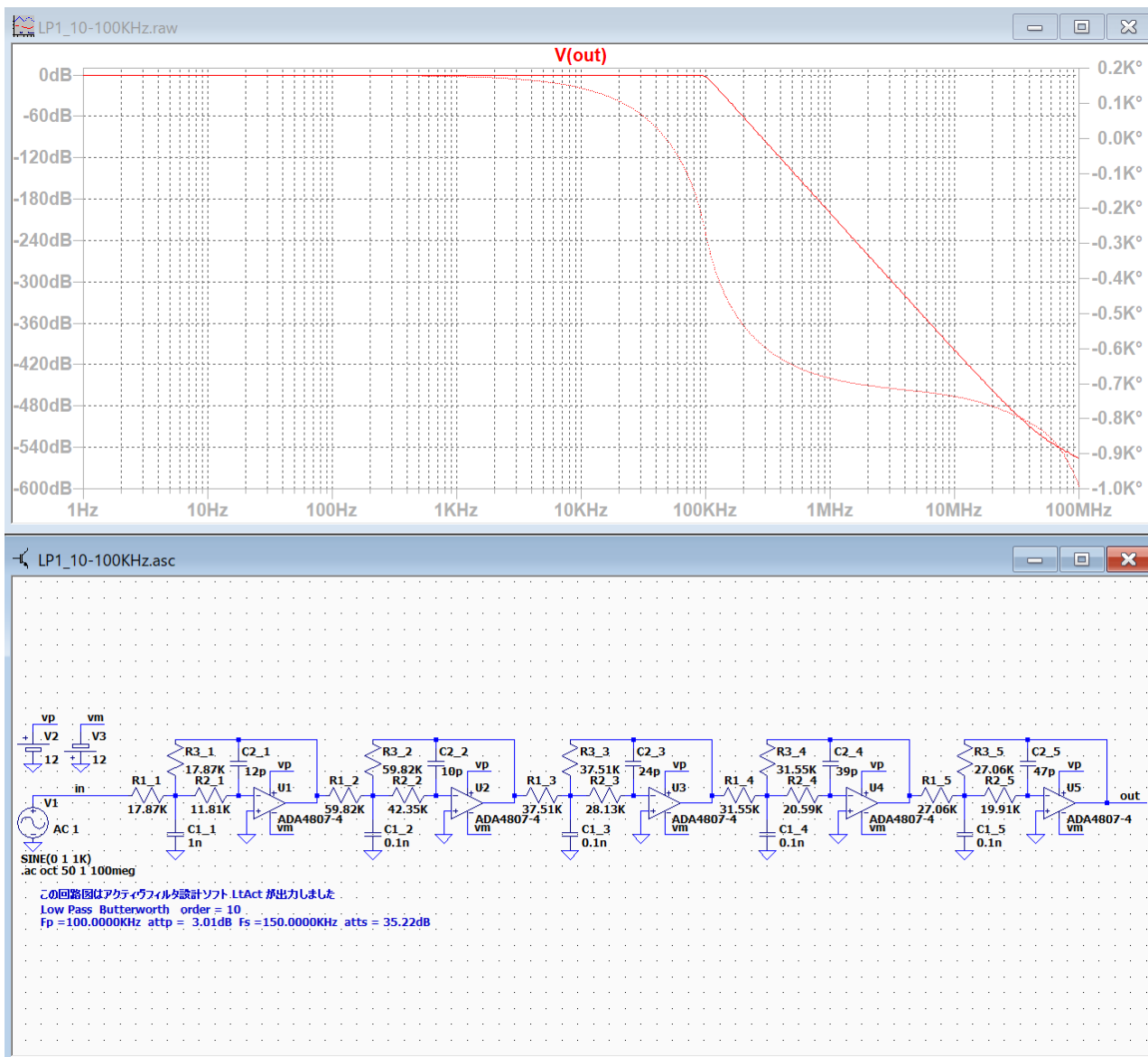
C1\_1 = 1n, C1\_2=0.1n, C1\_3=0.1n, C1\_4=0.1n, C1\_5=0.1n

バターワース

LP1\_10-100KHz.asc

## ローパスフィルタ

## 完成した回路図



100KHz から 100MHz まで減衰量が直線的に増加しています。

## ローパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP1-LP2 Q\LP1\_10-100KHz-ADA4807-4.asc 作成日時

Thu Nov 19 12:03:17 2020

アナログ Low Pass Butterworth 次数=10

Fp =100.0000KHz attp = 3.0103dB Fs =150.0000KHz atts = 35.22dB

1 (LP1) C1\_1 = 1.0000n C2\_1 = 12.0000p

R1\_1 = R3\_1 = 17.8671K R2\_1 = 11.8142K 誤差 = 1.7396 %

2 (LP1) C1\_2 = 0.1000n C2\_2 = 10.0000p

R1\_2 = R3\_2 = 59.8169K R2\_2 = 42.3464K 誤差 = 3.9626 %

3 (LP1) C1\_3 = 0.1000n C2\_3 = 24.0000p

R1\_3 = R3\_3 = 37.5132K R2\_3 = 28.1349K 誤差 = 5.6551 %

4 (LP1) C1\_4 = 0.1000n C2\_4 = 39.0000p

R1\_4 = R3\_4 = 31.5510K R2\_4 = 20.5855K 誤差 = 5.4020 %

5 (LP1) C1\_5 = 0.1000n C2\_5 = 47.0000p

R1\_5 = R3\_5 = 27.0631K R2\_5 = 19.9143K 誤差 = 0.4894 %

## ローパスフィルタ

## LP1\_8-100KHz.asc

ローパス・バターワース 8次 100KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ

遮断特性 バターワース

カットオフ付近で減衰域の周波数  $F_p$  100 KHz

周波数  $F_p$  における減衰量又はリップル  $att_p$  6 dB

減衰量を指定する周波数を  $F_s$  として,  $X_s = F_s/F_p$  1.5 倍

周波数  $F_s$  における減衰量  $atts$  30 dB

OK キャンセル

次数を入力する方法では、カットオフ周波数における減衰量は自動的に自動的に-3dB になりますが、次数を入力しない方法では  $F_p$  における減衰量を指定できます。この時、 $F_p$  の  $X_s$  倍の周波数における最低の減衰量を 30dB として最低次数のフィルタを設計します。この場合には、8 次のフィルタになります。

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アログ Low Pass Butterworth 次数=8

 $F_p = 100.0000\text{KHz}$   $att_p = 6.0000\text{dB}$   $F_s = 150.0000\text{KHz}$   $atts = 32.92\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$H_n = \frac{P_{n_2} * s^2 + P_{n_3} * s + P_{n_4}}{s^2 + P_{n_0} * s + P_{n_1}}$$

2 次式

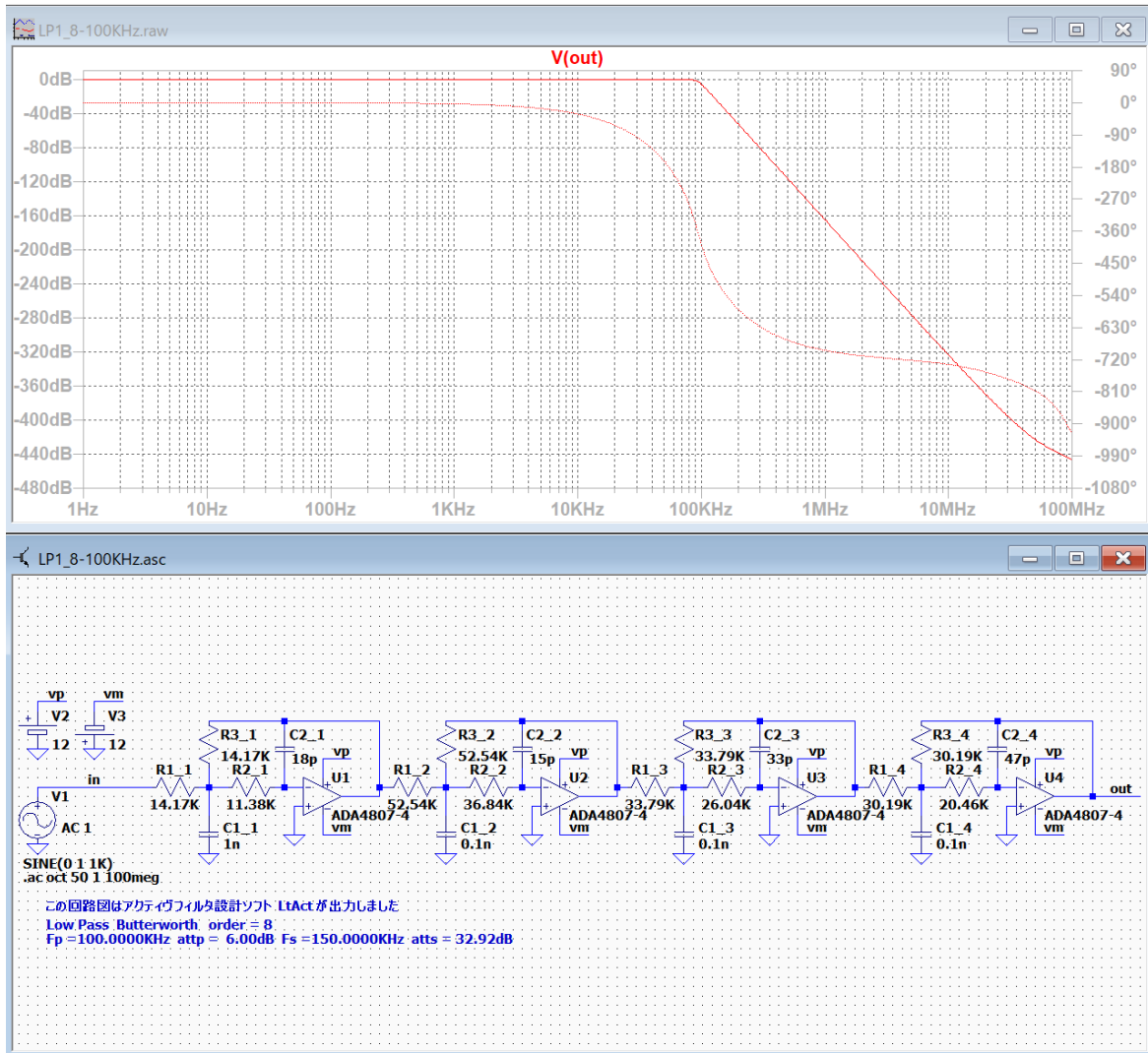
n	$P_{n_0}$	$P_{n_1}$	$P_{n_2}$	$P_{n_3}$	$P_{n_4}$	
1	228.9799K	344.4000G	0	0	344.4000G	Q= 2.5629
2	652.0795K	344.4000G	0	0	344.4000G	Q= 0.9000
3	975.9060K	344.4000G	0	0	344.4000G	Q= 0.6013
4	1.1512Meg	344.4000G	0	0	344.4000G	Q= 0.5098

「まとめ LP1 の C1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。 $Q < 1$  のブロックは  $Q=1$  の値を使用する。

 $C1_1 = 1n$ ,  $C1_2 = 0.1n$ ,  $C1_3 = 0.1n$ ,  $C1_4 = 0.1n$

## ローパスフィルタ

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP1-LP2 Q\LP1\_8-100KHz.asc 作成日時 Thu Nov 19

13:00:37 2020 アナログ Low Pass Butterworth 次数=8

Fp=100.0000KHz attp = 6.0000dB Fs=150.0000KHz atts = 32.92dB

1 (LP1) C1\_1 = 1.0000n C2\_1 = 18.0000p

R1\_1 = R3\_1 = 14.1716K R2\_1 = 11.3827K 誤差 = 6.7433 %

2 (LP1) C1\_2 = 0.1000n C2\_2 = 15.0000p

R1\_2 = R3\_2 = 52.5422K R2\_2 = 36.8415K 誤差 = 3.7192 %

3 (LP1) C1\_3 = 0.1000n C2\_3 = 33.0000p

R1\_3 = R3\_3 = 33.7925K R2\_3 = 26.0377K 誤差 = 4.3770 %

4 (LP1) C1\_4 = 0.1000n C2\_4 = 47.0000p

R1\_4 = R3\_4 = 30.1884K R2\_4 = 20.4644K 誤差 = 2.3534 %



## ローパスフィルタ

LP1\_4-1Hz.asc

ローパス・バターワース 4 次 1Hz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  4

カットオフ周波数  $F_c$  1 Hz

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍

遮断特性 バターワース

OK キャンセル

非常に周波数の低いローパスフィルタを設計します。

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Low Pass Butterworth 次数=4

$F_p = 1.0000 \text{ Hz}$   $attp = 3.0103\text{dB}$   $F_s = 1.5000 \text{ Hz}$   $atts = 14.25\text{dB}$

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$H_n = \text{-----}$

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	4.8089	39.4784	0	0	39.4784	Q= 1.3066
2	11.6098	39.4784	0	0	39.4784	Q= 0.5412

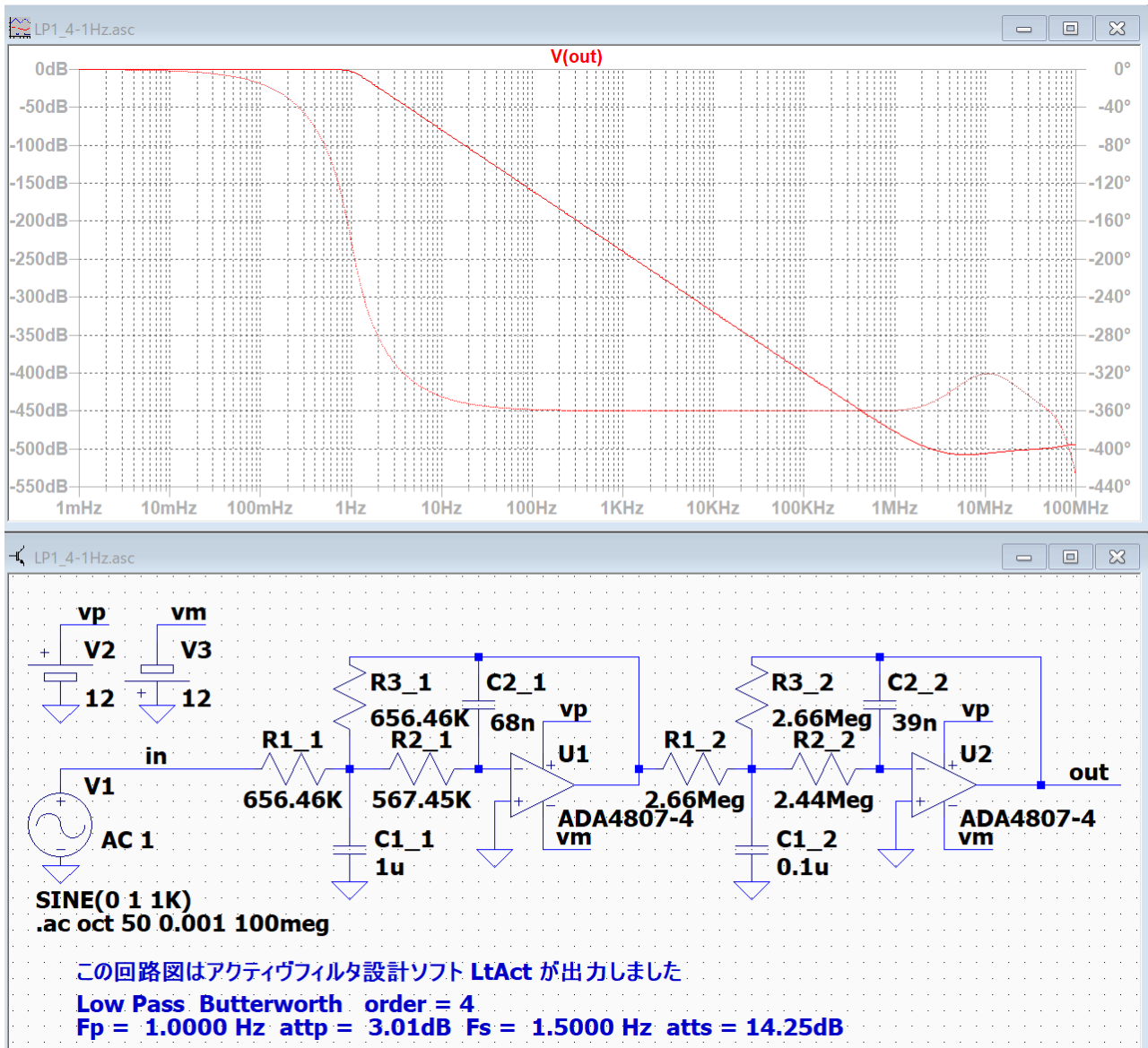
「まとめ LP1 の C1\_1 の値」を参考にすると、周波数が 1Hz なので、コンデンサの値は 1KHz に対する値の 1000 倍程度にすれば良いと思う。

各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

C1\_1 = 1u, C1\_2=0.1u

## ローパスフィルタ

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\オペアンプの交換例\LP1\_4-but-1Hz.asc 作成日時 Thu

Sep 24 13:30:49 2020

フィルタ Low Pass Butterworth 次数=4

Fp = 1.0000 Hz attp = 3.0103dB Fs = 1.5000 Hz atts = 14.25dB

1 (LP1) C1\_1 = 10.0000u C2\_1 = 0.3000u

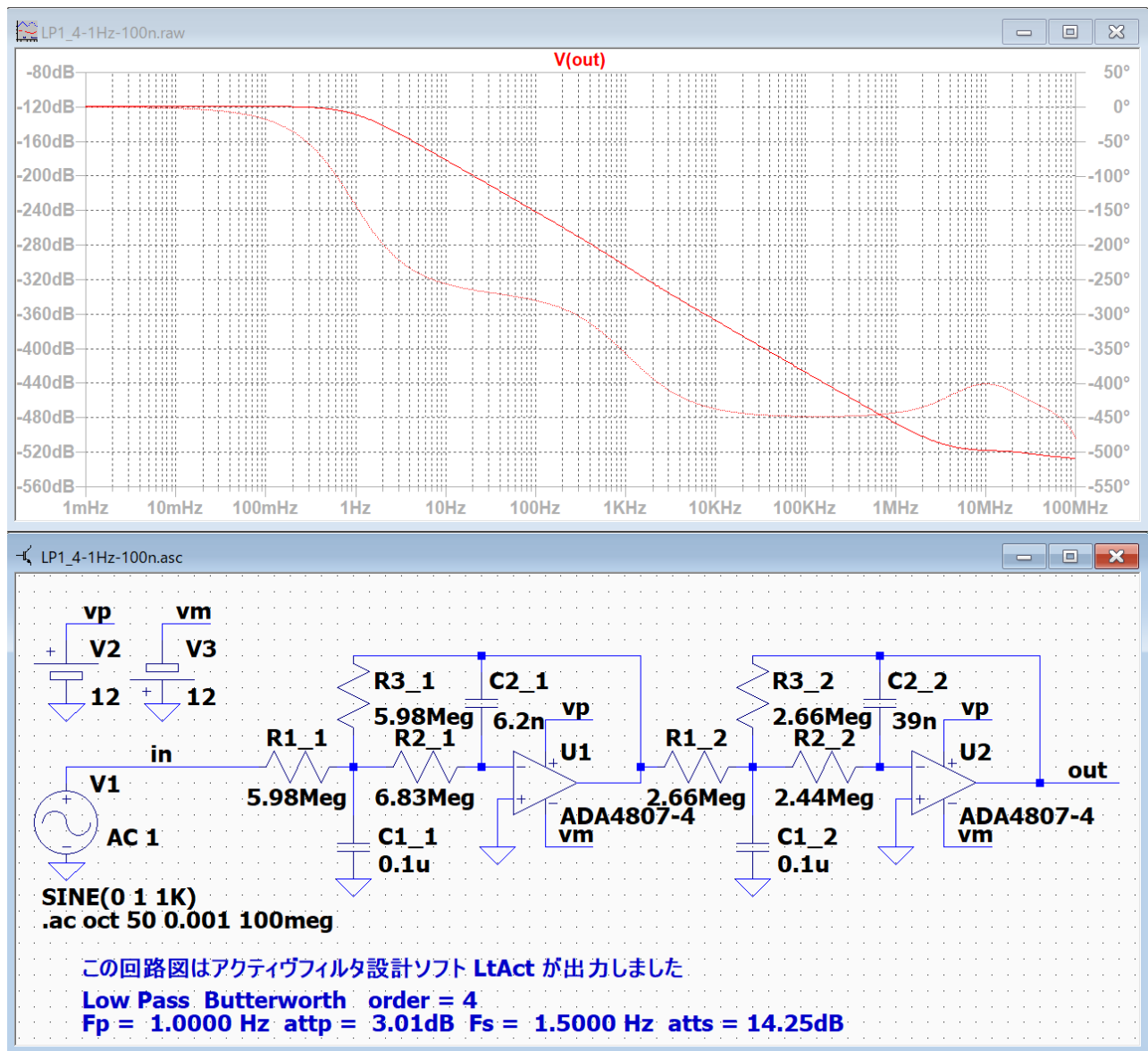
R1\_1 = R3\_1 = 47.0385K R2\_1 = 179.5006K 誤差 = 0.2900 %

2 (LP1) C1\_2 = 5.1000u C2\_2 = 0.5100u

R1\_2 = R3\_2 = 36.0293K R2\_2 = 270.2991K 誤差 = 0.1373 %

## ローパスフィルタ

C1\_1 = 100n の場合 LP1\_4-1Hz-100n.asc



C1\_1 を 100n 以下にすると、出力が-120dB 以下になるので、フィルタとして動作しないことが分かります。

低い周波数のローパスフィルタでは、C1\_1 が小さすぎるとフィルタとして動作しなくなります。

ローパスフィルタ

LP1\_4-1MHz.asc

ローパス・バターワース 4 次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ローパスフィルタ	遮断特性	バターワース
設計するフィルタの次数 m(<=58)	4		
カットオフ周波数 Fc	1	Meg	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fs/Fc	1.5	倍	キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Low Pass Butterworth 次数=4

Fp = 1.0000MegHz attp = 3.0103dB Fs = 1.5000MegHz atts = 14.25dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

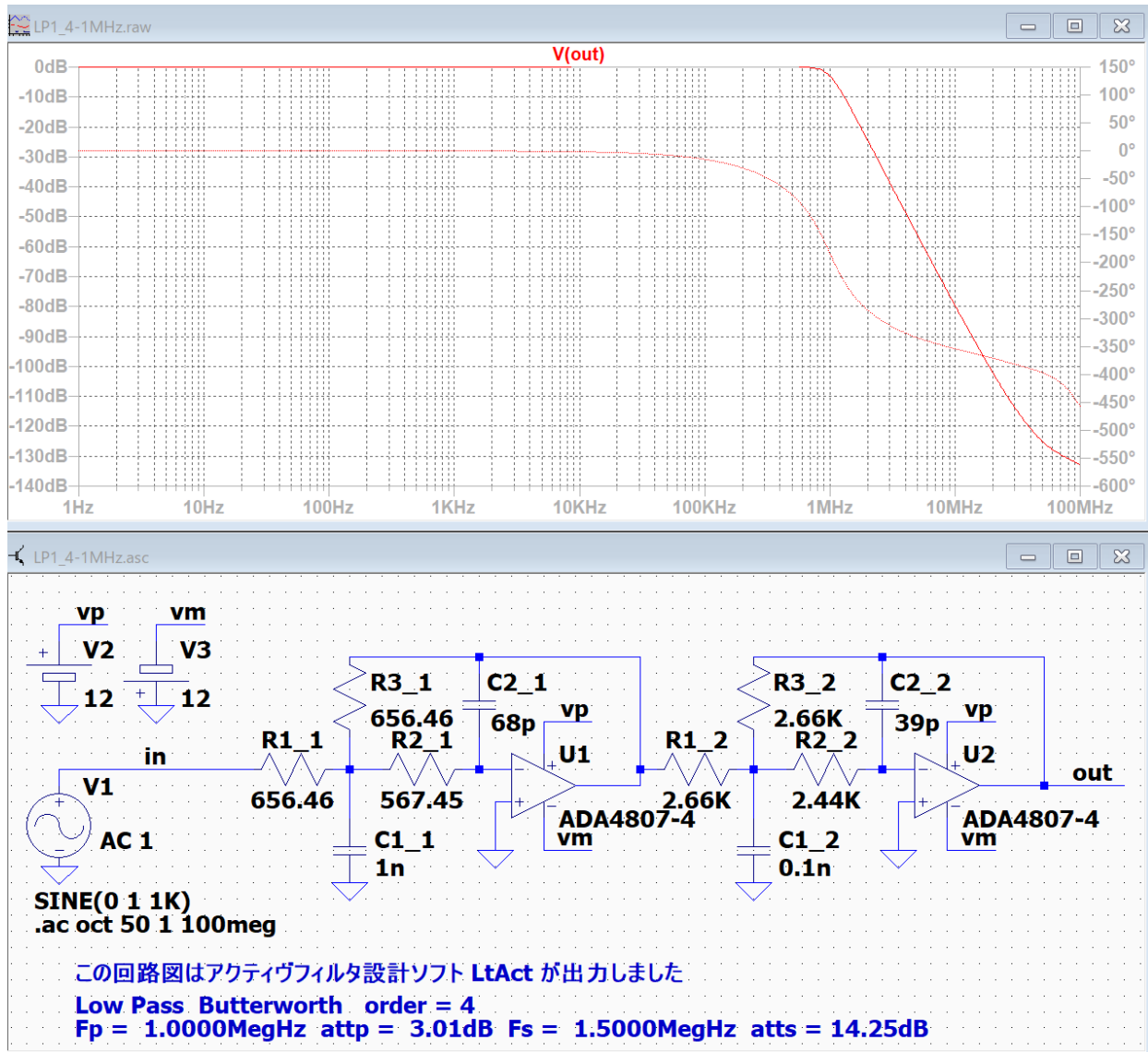
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	4.8089Meg	39.4784T	0	0	39.4784T	1.3066
2	11.6098Meg	39.4784T	0	0	39.4784T	0.5412

「まとめ LP1 の C1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

C1\_1 = 1n, C1\_2=0.1n

## ローパスフィルタ

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP1-LP2 Q\LP1\_4-1MHz.asc 作成日時 Thu Nov 19 13:38:40 2020

アナログ Low Pass Butterworth 次数=4

Fp = 1.0000MegHz attp = 3.0103dB Fs = 1.5000MegHz atts = 14.25dB

1 (LP1) C1\_1 = 1.0000n C2\_1 = 68.0000p

R1\_1 = R3\_1 = 656.4551 R2\_1 = 567.4483 誤差 = 3.8193 %

2 (LP1) C1\_2 = 0.1000n C2\_2 = 39.0000p

R1\_2 = R3\_2 = 2.6635K R2\_2 = 2.4385K 誤差 = 2.0913 %

ローパスフィルタ

LP2\_6-1MHz.asc

ローパス・バターワース 6次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  6

カットオフ周波数  $F_c$  1 Meg

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Low Pass Butterworth 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 3.0103dB Fs = 1.5000MegHz atts = 21.16dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

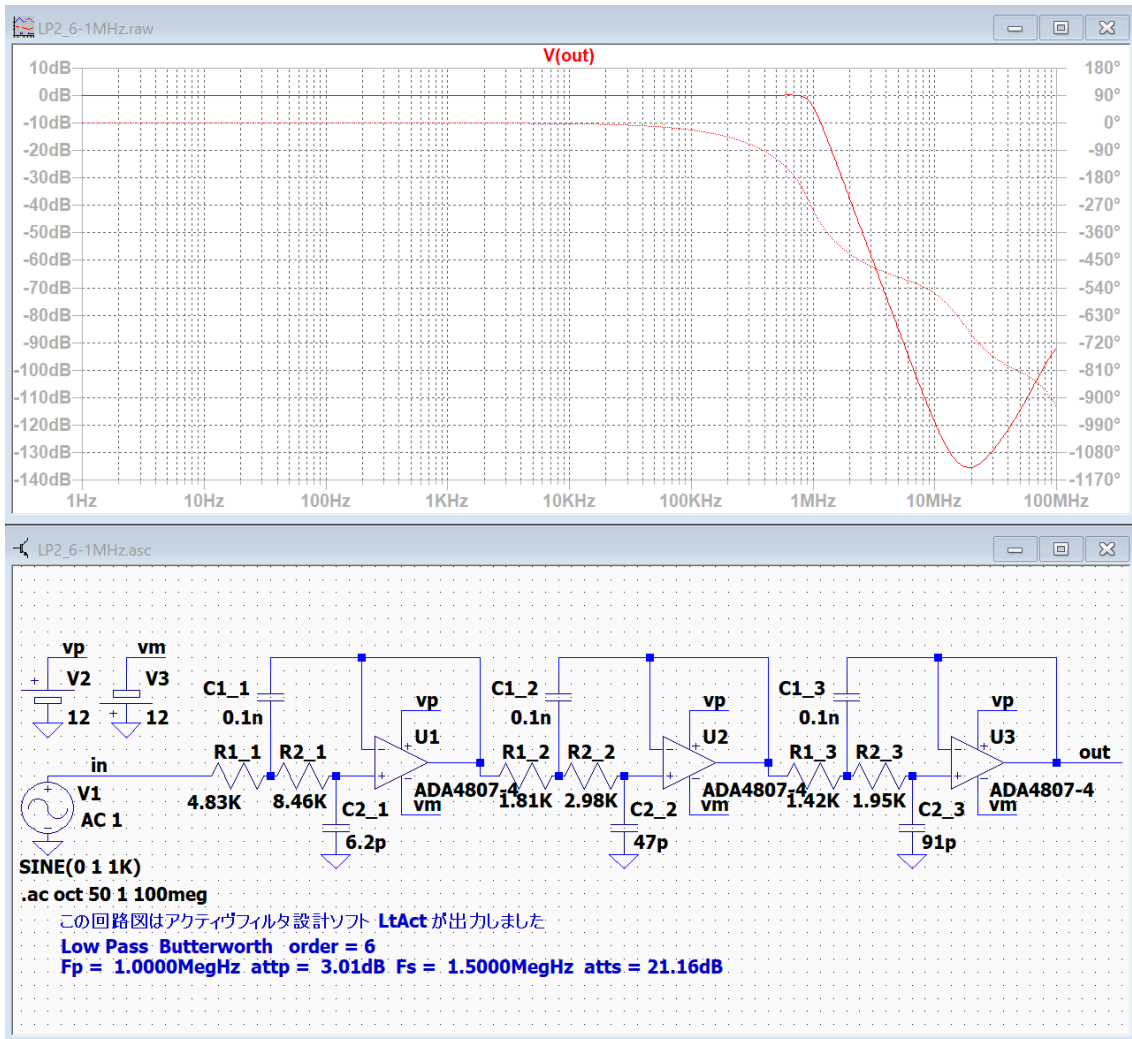
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	3.2524Meg	39.4784T	0	0	39.4784T	1.9319
2	8.8858Meg	39.4784T	0	0	39.4784T	0.7071
3	12.1382Meg	39.4784T	0	0	39.4784T	0.5176

「まとめ LP2 の C1\_1 の値」を参考にとすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

C1\_1 = 0.1n, C1\_2=0.1n, C1\_3=0.1n

## ローパスフィルタ

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP1-LP2 Q\LP2\_6-1MHz.asc 作成日時 Thu Nov 19 13:54:16 2020

フィルタ Low Pass Butterworth 次数=6

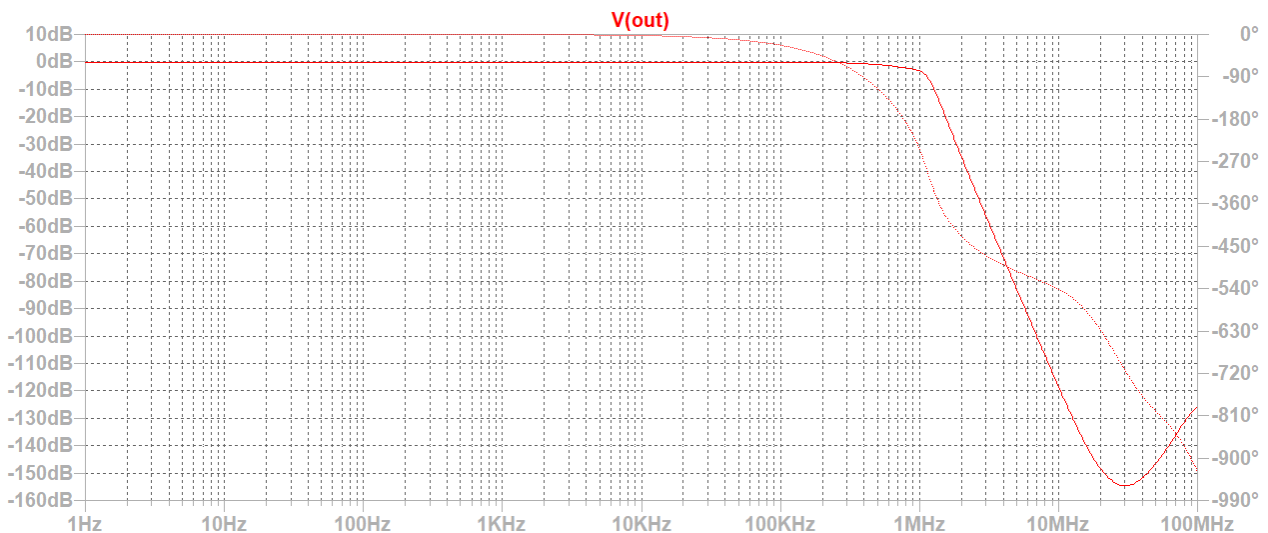
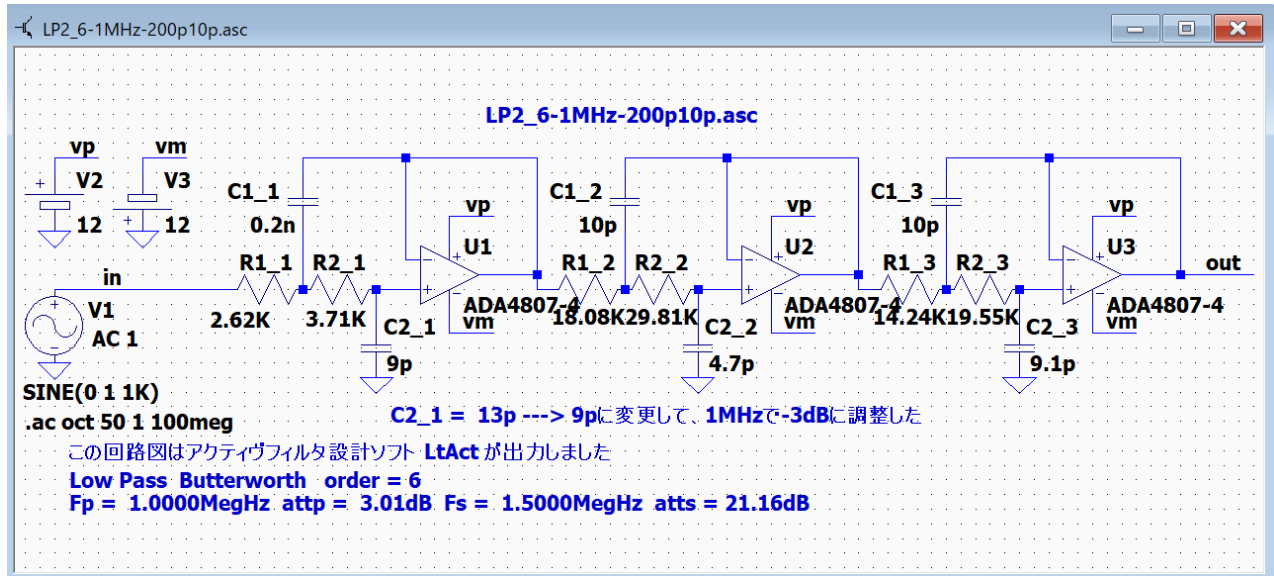
Fp = 1.0000MegHz attp = 3.0103dB Fs = 1.5000MegHz atts = 21.16dB

1 (LP2) C1\_1 = 0.1000n C2\_1 = 6.2000p  
 R1\_1 = 4.8311K R2\_1 = 8.4568K 誤差 = 4.0719 %  
 2 (LP2) C1\_2 = 0.1000n C2\_2 = 47.0000p  
 R1\_2 = 1.8079K R2\_2 = 2.9810K 誤差 = 0.7746 %  
 3 (LP2) C1\_3 = 0.1000n C2\_3 = 91.0000p  
 R1\_3 = 1.4240K R2\_3 = 1.9547K 誤差 = 5.8159 %

## ローパスフィルタ

さらに調整した回路図

C1\_1 = 0.2n に設定し、C1\_2= C1\_3= 10p に設定しました。



100MHz において、-120dB を確保しています。



ローパスフィルタ

LP1\_6-4MHz.asc

ローパス・バターワース 6次 4MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(≤58)$  6

カットオフ周波数  $F_c$  4 Meg

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍

遮断特性 バターワース

OK

キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Low Pass Butterworth 次数=6

Fp = 4.0000MegHz attp = 3.0103dB Fs = 6.0000MegHz atts = 21.16dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

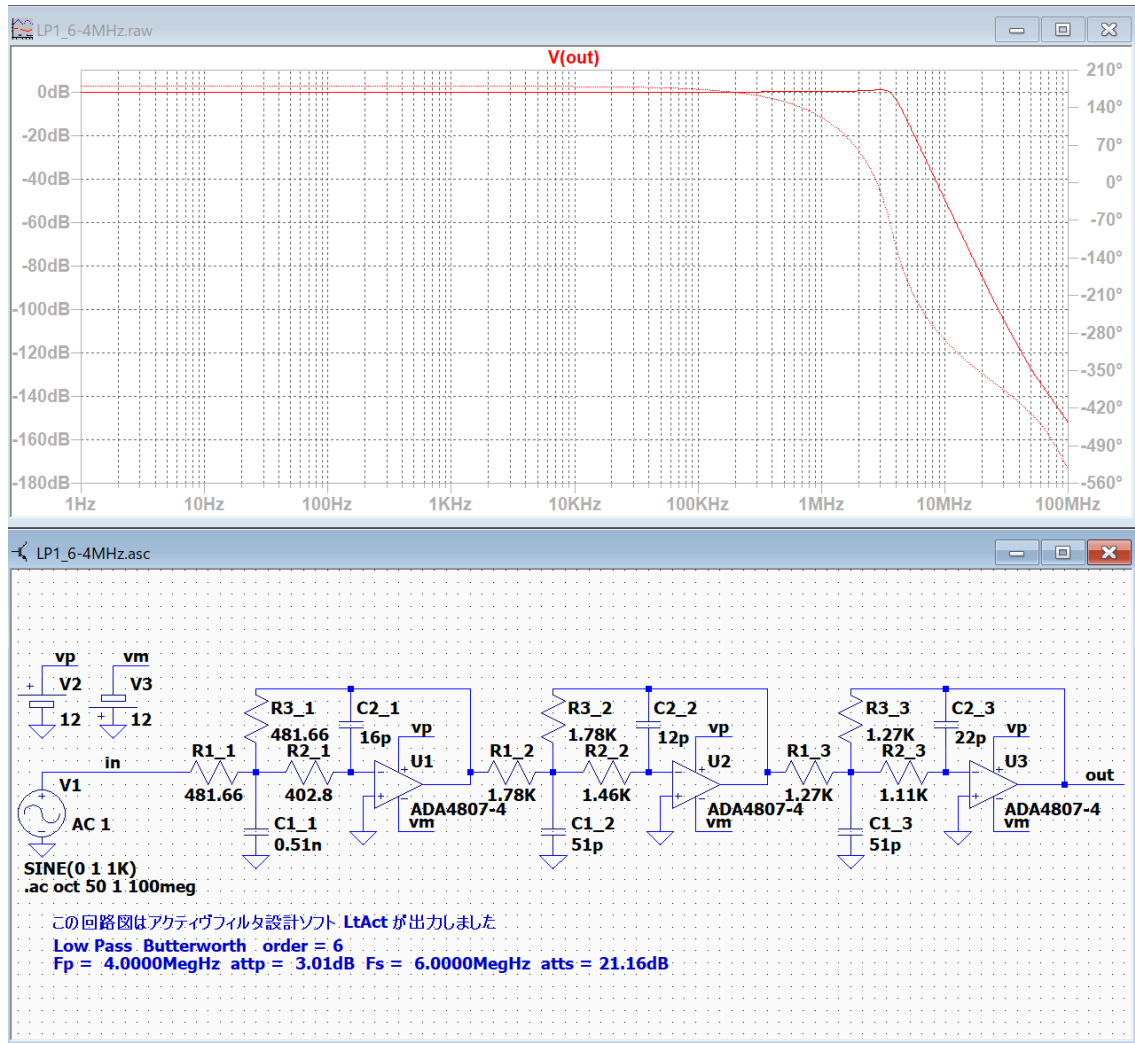
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	13.0097Meg	631.6547T	0	0	631.6547T	1.9319
2	35.5431Meg	631.6547T	0	0	631.6547T	0.7071
3	48.5527Meg	631.6547T	0	0	631.6547T	0.5176

「まとめ LP1 の C1\_1 の値」を参考にして周波数の倍率で計算すると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

C1\_1 = 0.5n, C1\_2=50p, C1\_3=50p

## ローパスフィルタ

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP2\_6-but-4MHz.asc 作成日時 Thu Sep 24 13:57:00 2020

アナログ Low Pass Butterworth 次数=6

Fp = 4.0000MegHz attp = 3.0103dB Fs = 6.0000MegHz atts = 21.16dB

1 (LP2) C1\_1 = 11.3000n C2\_1 = 0.1400n

R1\_1 = 7.1498 R2\_1 = 139.9657 誤差 = 0.0247 %

2 (LP2) C1\_2 = 1.6200n C2\_2 = 0.2150n

R1\_2 = 18.7039 R2\_2 = 243.0160 誤差 = 0.0218 %

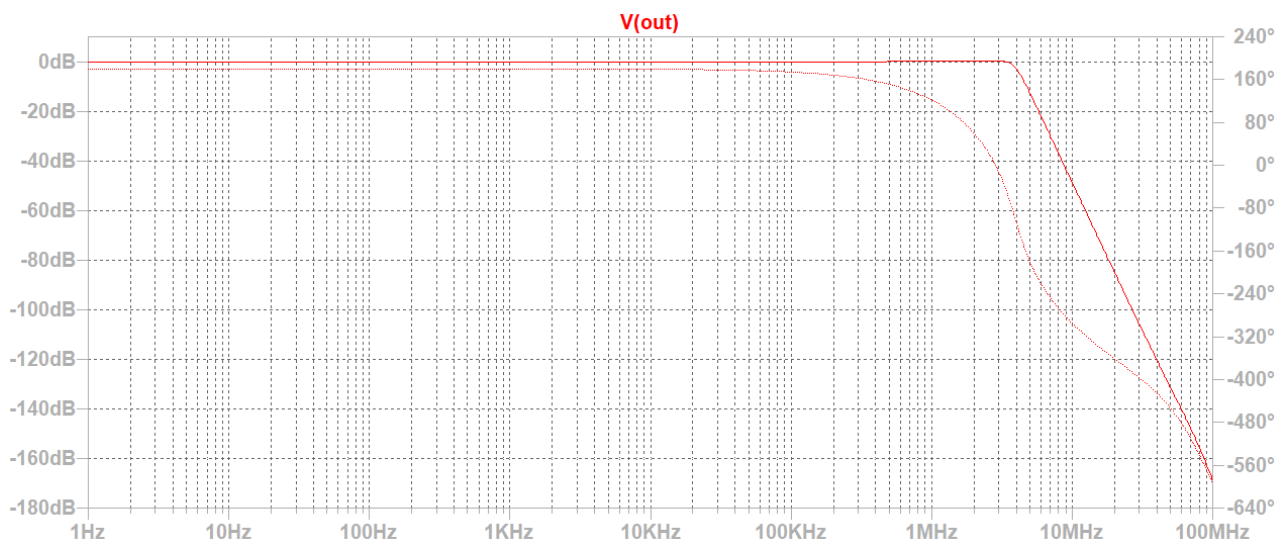
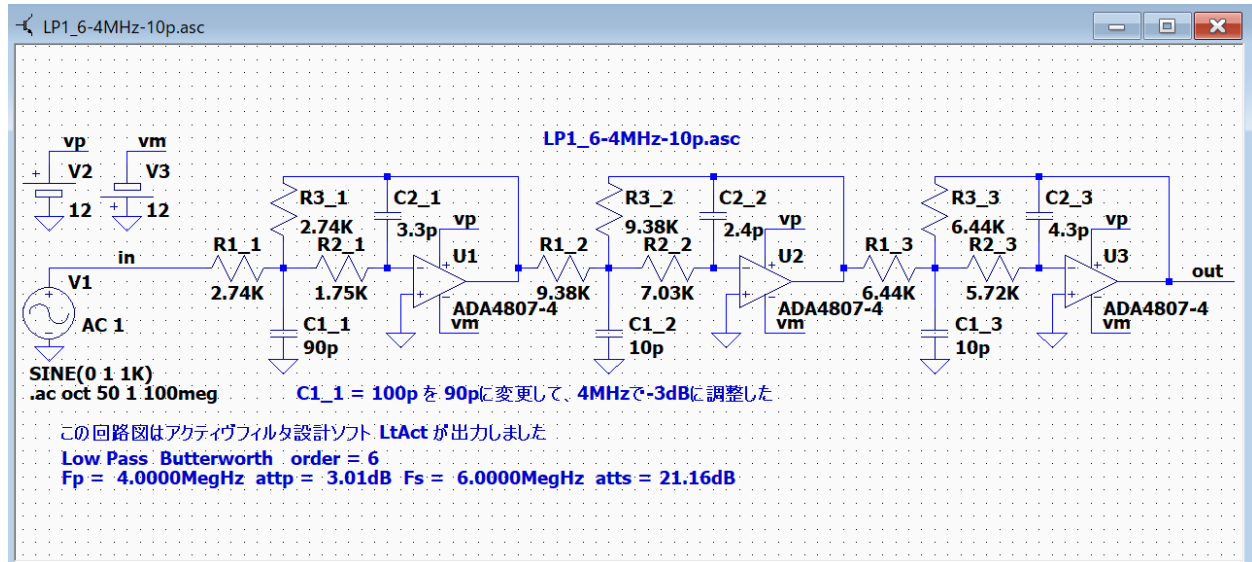
3 (LP2) C1\_3 = 0.4990n C2\_3 = 40.2000p

R1\_3 = 42.2065 R2\_3 = 1.8699K 誤差 = 0.0167 %

## ローパスフィルタ

さらに調整した回路図

$C1\_1 = 90\text{p}$ ,  $C1\_2 = 10\text{p}$ ,  $C1\_3 = 10\text{p}$ に調整しました。



高い周波数のローパスでは  $C1\_1$  を小さめに設定した方が良い特性が得られます。

## ローパスフィルタ

## チェビシェフ

LP2\_6-100KHz.asc

ローパス・チェビシェフ 6次 100KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ

遮断特性 チェビシェフ

設計するフィルタの次数  $m(≤58)$  6

カットオフ周波数  $F_c$  100 KHz

周波数  $F_c$  における減衰量又はリプル  $att_p$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍

OK Cancel

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Low Pass Chebyshev 次数=6

 $F_p = 100.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 150.0000\text{KHz}$   $atts = 27.82\text{dB}$ 

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

 $H_n = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$ 

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

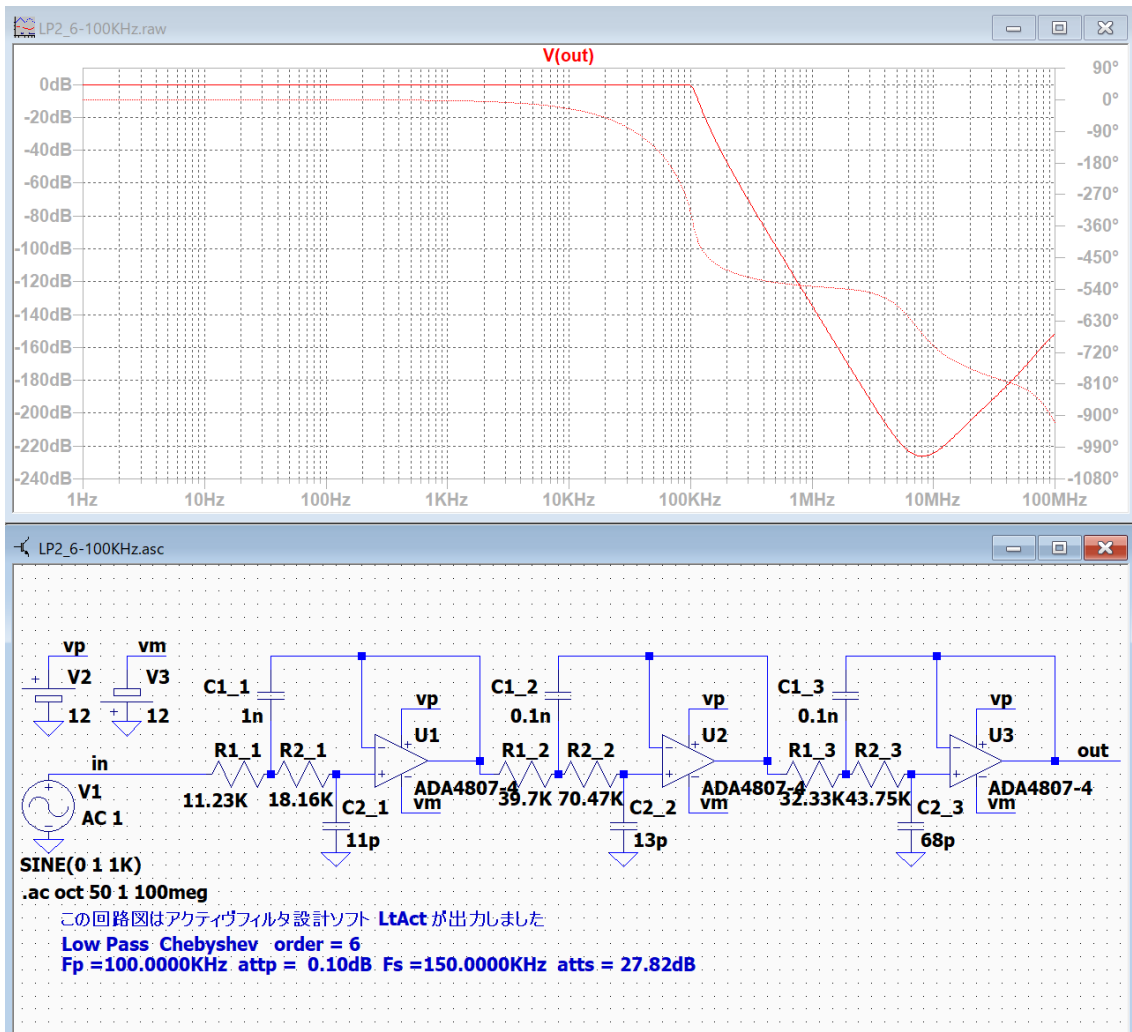
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	144.1279K	445.8640G	0	0	445.8640G	Q= 4.6329
2	393.7649K	274.9175G	0	0	274.9175G	Q= 1.3316
3	537.8928K	103.9709G	0	0	103.9709G	Q= 0.5995

「まとめ LP2 の C1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。 $Q < 1$  のブロックは  $Q=1$  の値を使用する。

 $C1\_1 = 1n$ ,  $C1\_2 = 0.1n$ ,  $C1\_3 = 0.1n$

## ローパスフィルタ

## 完成した回路図



100MHz において、-150dB の減衰量を確保しています。

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP1-LP2 Q\LP2\_6-100KHz-ADA4807-4.asc 作成日時

Thu Nov 19 14:45:49 2020 アナログ Low Pass Chebyshev 次数=6

Fp = 100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 150.0000KHz atts = 27.82dB

1 (LP2) C1\_1 = 1.0000n C2\_1 = 11.0000p

R1\_1 = 11.2290K R2\_1 = 18.1579K 誤差 = 2.2167 %

2 (LP2) C1\_2 = 0.1000n C2\_2 = 13.0000p

R1\_2 = 39.7033K R2\_2 = 70.4738K 誤差 = 3.9318 %

3 (LP2) C1\_3 = 0.1000n C2\_3 = 68.0000p

R1\_3 = 32.3265K R2\_3 = 43.7543K 誤差 = 2.7042 %

ローパスフィルタ

LP1\_6-100KHz.asc

ローパス・チェビシェフ 6次 100KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ 遮断特性 チェビシェフ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  6

カットオフ周波数  $F_c$  100 KHz

周波数  $F_c$  における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍

OK Cancel

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Low Pass Chebyshev 次数=6

 $F_p = 100.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 150.0000\text{KHz}$   $atts = 27.82\text{dB}$ 

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	144.1279K	445.8640G	0	0	445.8640G	Q=	4.6329
2	393.7649K	274.9175G	0	0	274.9175G	Q=	1.3316
3	537.8928K	103.9709G	0	0	103.9709G	Q=	0.5995

「まとめ LP1 の C1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。 $Q < 1$  のブロックは  $Q=1$  の値を使用する。

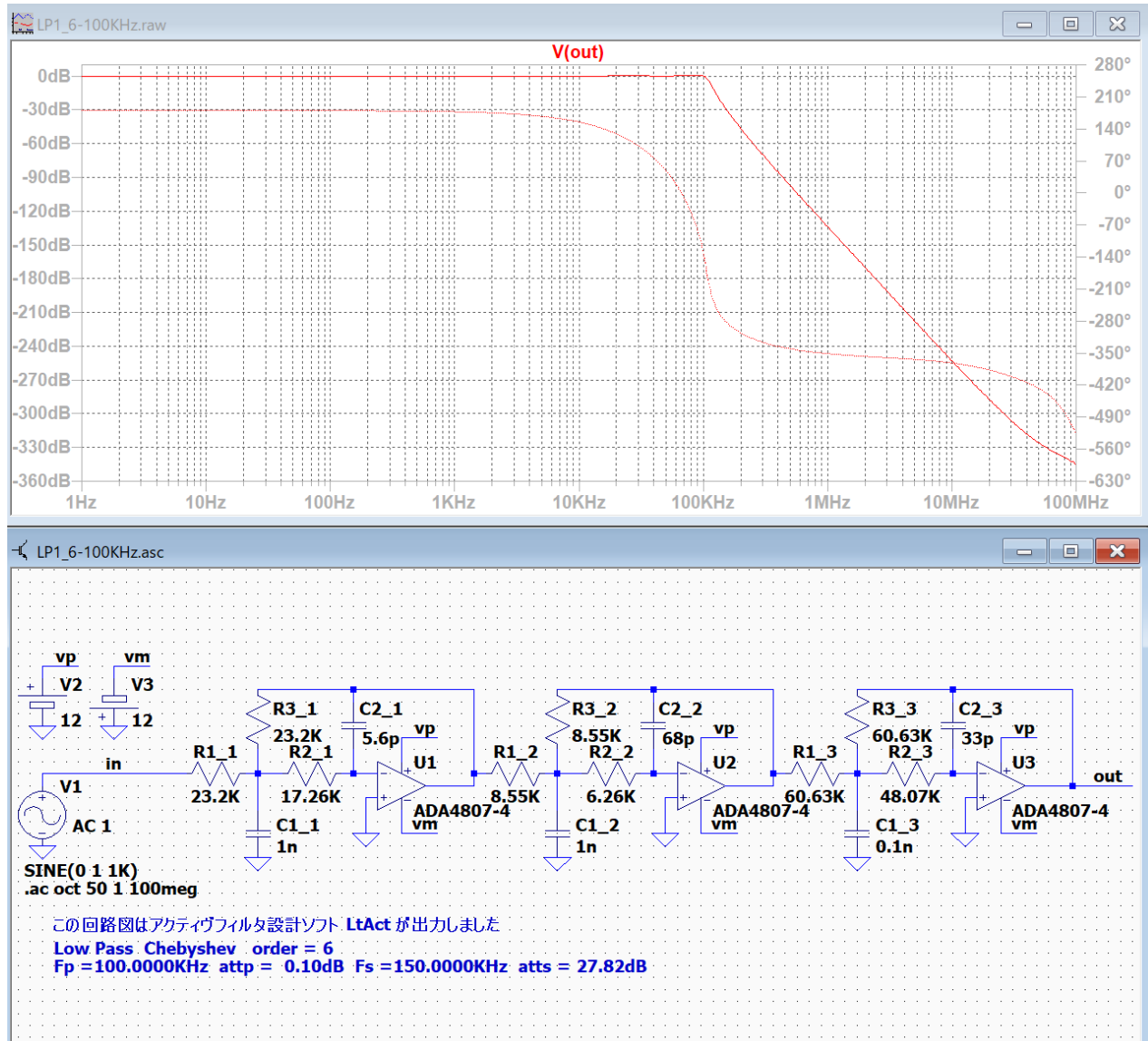
 $C1\_1 = 1n$ ,  $C1\_2 = 1n$ ,  $C1\_3 = 0.1n$ 

チェビシェフ

LP1\_6-100KHz.asc

## ローパスフィルタ

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP1-LP2 Q\LP1\_6-100KHz-ADA4807-4.asc 作成日時

Thu Nov 19 14:57:12 2020 アナログ Low Pass Chebyshev 次数=6

Fp = 100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 150.0000KHz atts = 27.82dB

1 (LP1) C1\_1 = 1.0000n C2\_1 = 5.6000p

R1\_1 = R3\_1 = 23.2046K R2\_1 = 17.2598K 誤差 = 5.4902 %

2 (LP1) C1\_2 = 1.0000n C2\_2 = 68.0000p

R1\_2 = R3\_2 = 8.5489K R2\_2 = 6.2572K 誤差 = 4.1821 %

3 (LP1) C1\_3 = 0.1000n C2\_3 = 33.0000p

R1\_3 = R3\_3 = 60.6304K R2\_3 = 48.0711K 誤差 = 3.1728 %

## ローパスフィルタ

LP1\_4-1Hz.asc

ローパス・チェビシェフ 6次 1Hz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ 遮断特性 チェビシェフ

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  4

カットオフ周波数  $F_c$  1 Hz

周波数 $F_c$ における減衰量又はリプル  $attp$  0.1 dB OK

最低減衰量に達する周波数を $F_s$ として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍 キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アログ Low Pass Chebyshev 次数=4

 $F_p = 1.0000 \text{ Hz}$   $attp = 0.1000 \text{ dB}$   $F_s = 1.5000 \text{ Hz}$   $atts = 11.42 \text{ dB}$ 

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

 $H_n = \text{-----}$ 

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	3.3195	52.5075	0	0	52.5075	Q= 2.1829
2	8.0140	24.5921	0	0	24.5921	Q= 0.6188

「まとめ LP1 の C1\_1 の値」を参考にすると、周波数が 1Hz なので、コンデンサの値は 1KHz に対する値の 1000 倍程度にすれば良いと思う。

各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

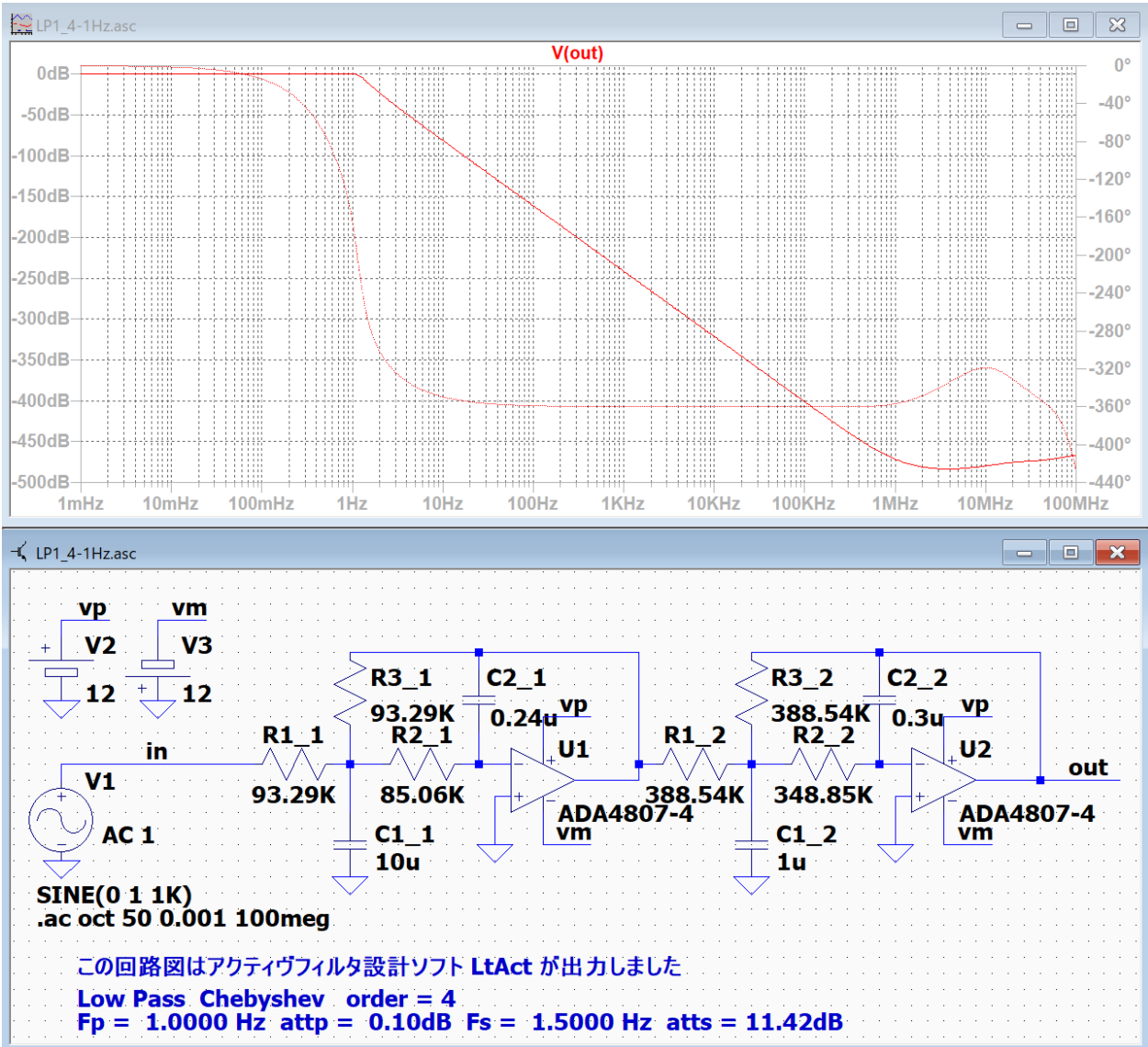
 $C1\_1 = 1\mu$ ,  $C1\_2 = 0.1\mu$



## ローパスフィルタ

## 完成した回路図

C1\_1 = 1u, C1\_2=0.1u ではフィルタとして機能しなかったため、C1\_1 = 10u, C1\_2=1u に設定した。



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP1-LP2 Q\LP1\_4.asc 作成日時 Thu Nov 19 15:09:20

2020 アナログ Low Pass Chebyshev 次数=4

Fp = 1.0000 Hz attp = 0.1000dB Fs = 1.5000 Hz atts = 11.42dB

1 (LP1) C1\_1 = 10.0000u C2\_1 = 0.2400u

R1\_1 = R3\_1 = 93.2889K R2\_1 = 85.0623K 誤差 = 4.3567 %

2 (LP1) C1\_2 = 1.0000u C2\_2 = 0.3000u

R1\_2 = R3\_2 = 388.5446K R2\_2 = 348.8532K 誤差 = 3.2172 %

ローパスフィルタ

LP1\_4-1MHz.asc

ローパス・チェビシェフ 4次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ 遮断特性 チェビシェフ

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  4

カットオフ周波数  $F_c$  1 Meg

周波数 $F_c$ における減衰量又はリプル  $attp$  0.1 dB OK

最低減衰量に達する周波数を $F_s$ として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍 キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Low Pass Chebyshev 次数=4

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 1.5000MegHz atts = 11.42dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	3.3195Meg	52.5075T	0	0	52.5075T	2.1829
2	8.0140Meg	24.5921T	0	0	24.5921T	0.6188

「まとめ LP1 の C1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

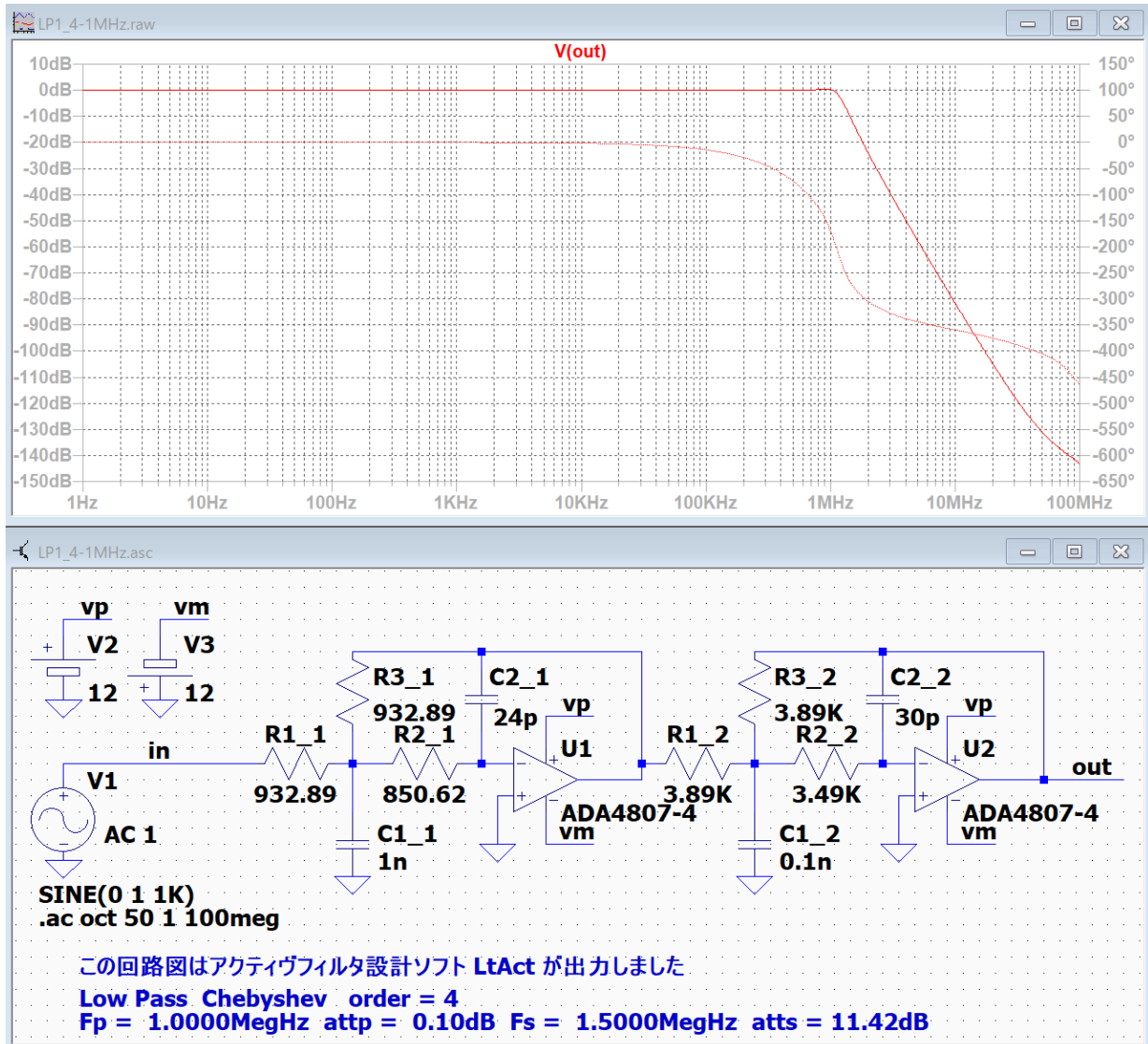
C1\_1 = 1n, C1\_2=0.1n

チェビシェフ

LP1\_4-1MHz.asc

## ローパスフィルタ

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP1-LP2 Q\LP1\_4-1MHz.asc 作成日時 Thu Nov 19

15:24:23 2020

フィルタ Low Pass Chebyshev 次数=4

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 1.5000MegHz atts = 11.42dB

1 (LP1) C1\_1 = 1.0000n C2\_1 = 24.0000p

R1\_1 = R3\_1 = 932.8888 R2\_1 = 850.6233 誤差 = 4.3567 %

2 (LP1) C1\_2 = 0.1000n C2\_2 = 30.0000p

R1\_2 = R3\_2 = 3.8854K R2\_2 = 3.4885K 誤差 = 3.2172 %

## ローパスフィルタ

LP1\_6-1MHz.asc

ローパス・チェビシェフ 6次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ 遮断特性 チェビシェフ

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  3

カットオフ周波数  $F_c$  1 Meg

周波数 $F_c$ における減衰量又はリプル  $att_p$  0.1 dB OK

最低減衰量に達する周波数を $F_s$ として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍 キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Low Pass Chebyshev 次数=6

 $F_p = 1.0000\text{MegHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 1.5000\text{MegHz}$   $atts = 27.82\text{dB}$ 

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

 $H_n = \text{-----}$ 

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

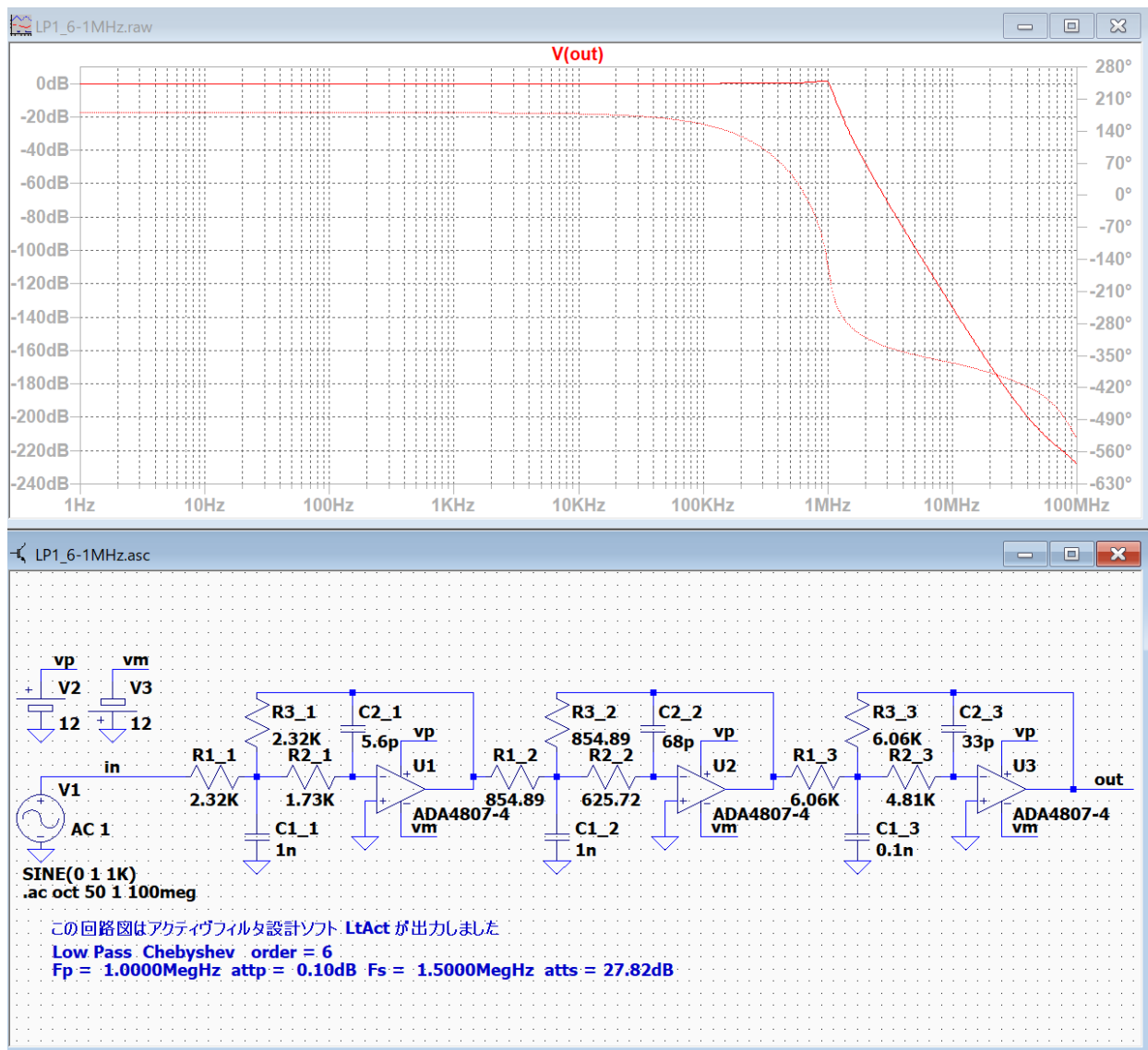
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	1.4413Meg	44.5864T	0	0	44.5864T	4.6329
2	3.9376Meg	27.4917T	0	0	27.4917T	1.3316
3	5.3789Meg	10.3971T	0	0	10.3971T	0.5995

「まとめ LP1 の C1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。 $Q < 1$  のブロックは  $Q=1$  の値を使用する。

 $C1\_1 = 1n$ ,  $C1\_2 = 1n$ ,  $C1\_3 = 0.1n$

## ローパスフィルタ

## 完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP1-LP2 Q\LP1\_6-1MHz.asc 作成日時 Thu Nov 19

15:32:13 2020 アナログ Low Pass Chebyshev 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 1.5000MegHz atts = 27.82dB

1 (LP1) C1\_1 = 1.0000n C2\_1 = 5.6000p

R1\_1 = R3\_1 = 2.3205K R2\_1 = 1.7260K 誤差 = 5.4902 %

2 (LP1) C1\_2 = 1.0000n C2\_2 = 68.0000p

R1\_2 = R3\_2 = 854.8880 R2\_2 = 625.7193 誤差 = 4.1821 %

3 (LP1) C1\_3 = 0.1000n C2\_3 = 33.0000p

R1\_3 = R3\_3 = 6.0630K R2\_3 = 4.8071K 誤差 = 3.1728 %

## ローパスフィルタ

LP2\_6-1MHz.asc

ローパス・チェビシェフ 6次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ 遮断特性 チェビシェフ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

カットオフ周波数  $F_c$  1 Meg

周波数 $F_c$ における減衰量又はリプル  $att_p$  0.1 dB OK

最低減衰量に達する周波数を $F_s$ として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍 キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Low Pass Chebyshev 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 1.5000MegHz atts = 27.82dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

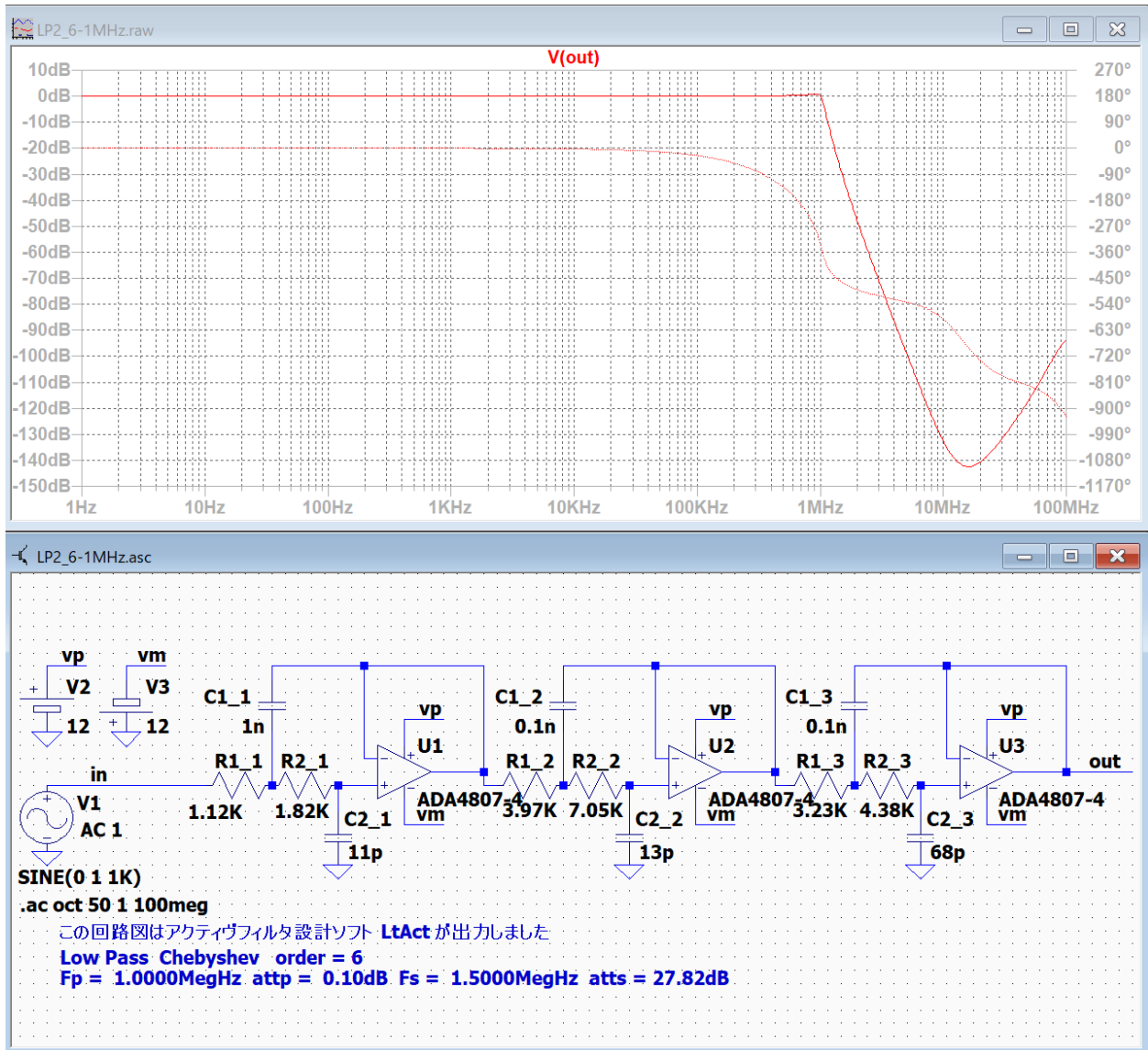
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	1.4413Meg	44.5864T	0	0	44.5864T	4.6329
2	3.9376Meg	27.4917T	0	0	27.4917T	1.3316
3	5.3789Meg	10.3971T	0	0	10.3971T	0.5995

「まとめ LP2 の C1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

C1\_1 = 1n, C1\_2=0.1n, C1\_3=0.1n

## ローパスフィルタ

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\¥LT test¥LP1-LP2 Q¥LP2\_6-1MHz.asc 作成日時 Thu Nov 19

15:39:52 2020 アナログ Low Pass Chebyshev 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 1.5000MegHz atts = 27.82dB

1 (LP2) C1\_1 = 1.0000n C2\_1 = 11.0000p

R1\_1 = 1.1229K R2\_1 = 1.8158K 誤差 = 2.2167 %

2 (LP2) C1\_2 = 0.1000n C2\_2 = 13.0000p

R1\_2 = 3.9703K R2\_2 = 7.0474K 誤差 = 3.9318 %

3 (LP2) C1\_3 = 0.1000n C2\_3 = 68.0000p

R1\_3 = 3.2326K R2\_3 = 4.3754K 誤差 = 2.7042 %

## ローパスフィルタ

LP2\_6-4MHz.asc

ローパス・チェビシェフ 6次 4MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ 遮断特性 チェビシェフ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

カットオフ周波数  $F_c$  4 Meg

周波数  $F_c$  における減衰量又はリップル  $att_p$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍

OK Cancel

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Low Pass Chebyshev 次数=6

 $F_p = 4.0000\text{MegHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 6.0000\text{MegHz}$   $atts = 27.82\text{dB}$ 

2次式の形式

$$P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}$$

 $H_n = \text{-----}$ 

$$s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}$$

2次式

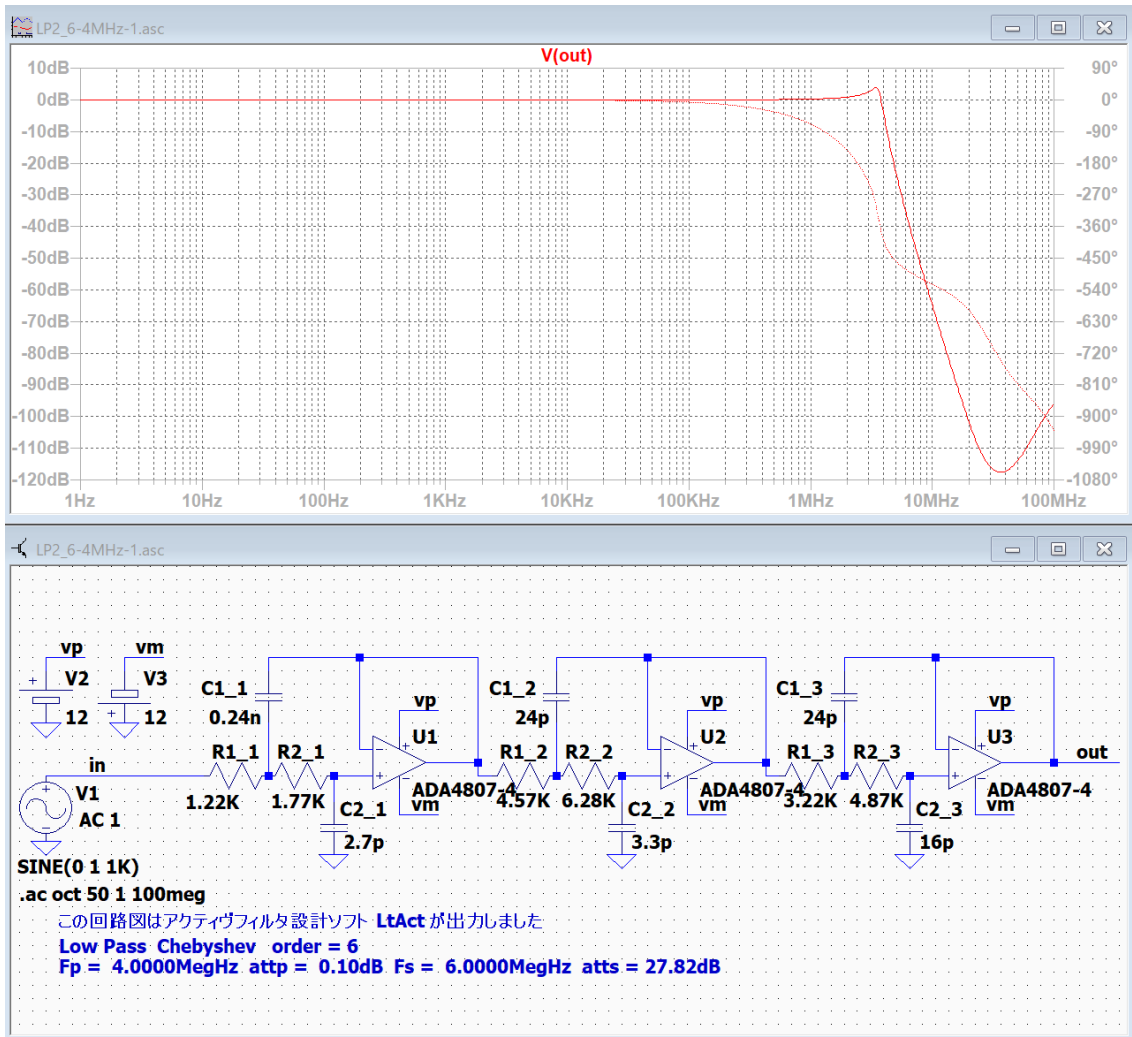
n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	5.7651Meg	713.3824T	0	0	713.3824T	$Q = 4.6329$
2	15.7506Meg	439.8679T	0	0	439.8679T	$Q = 1.3316$
3	21.5157Meg	166.3534T	0	0	166.3534T	$Q = 0.5995$

「まとめ LP2 の  $C1\_1$  の値」を参考にして周波数の倍率で計算すると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。 $Q < 1$  のブロックは  $Q=1$  の値を使用する。

 $C1\_1 = 250\text{p}$ ,  $C1\_2 = 25\text{p}$ ,  $C1\_3 = 25\text{p}$



## ローパスフィルタ



3.5MHz で 4dB, 4MHz で -4dB なので、 $C1_1$  と  $C2_1$  を調整してオーバーシュートを小さくすると同時にカットオフ周波数を少し高くする。

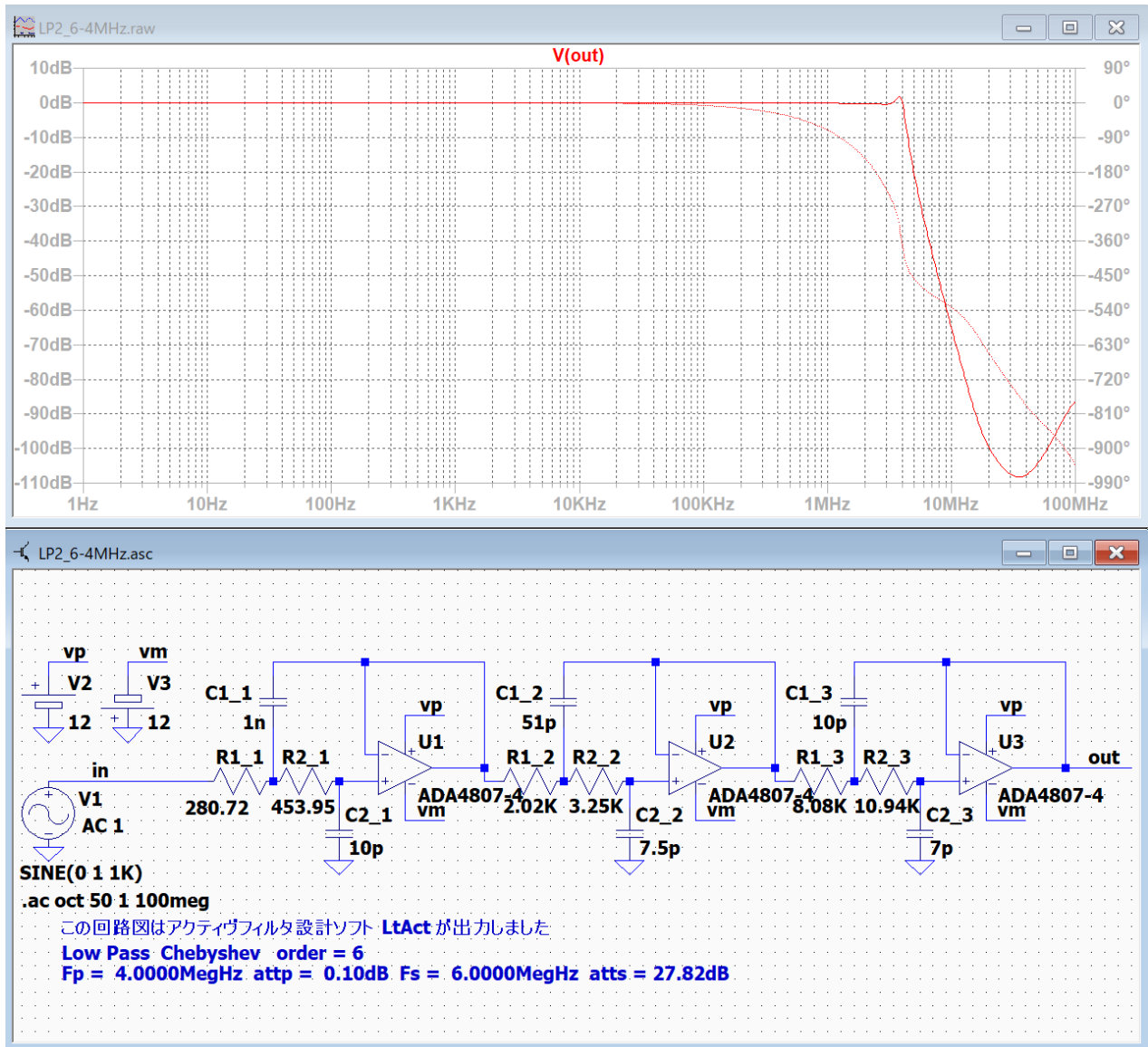
$C1_1 = 1n$ ,  $C1_2 = 51p$ ,  $C1_3 = 10p$  に設定して回路図を出力し、 $C2_?$  を微調整してオーバーシュートを改善した。

$C2_1$  を小さくすると、オーバーシュートの周波数が高くなりますが、リップルが現れない範囲で調整します。±1p の範囲です。

$C2_2$  と  $C2_3$  もオーバーシュートとリップルの調整に有効です。

## ローパスフィルタ

## 完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP1-LP2 Q\LP2\_6-4MHz-4.asc 作成日時 Thu Nov 19 15:57:19 2020 アナログ Low Pass Chebyshev 次数=6

Fp = 4.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 6.0000MegHz atts = 27.82dB

1 (LP2) C1\_1 = 1.0000n C2\_1 = 11.0000p → 10p

R1\_1 = 280.7239 R2\_1 = 453.9474 誤差 = 5.2056 %

2 (LP2) C1\_2 = 51.0000p C2\_2 = 6.8000p → 7.5p

R1\_2 = 2.0191K R2\_2 = 3.2468K 誤差 = 1.8920 %

3 (LP2) C1\_3 = 10.0000p C2\_3 = 6.8000p → 7p

R1\_3 = 8.0816K R2\_3 = 10.9386K 誤差 = 1.5687 %

## ローパスフィルタ

## 基本回路 LP3 のコンデンサ値

LP3(et1)は逆チェビシェフと楕円関数のローパスフィルタで使用される基本回路名です。

et1 は LP3, HP3, BP3 及び BE1 で利用される基本回路です。

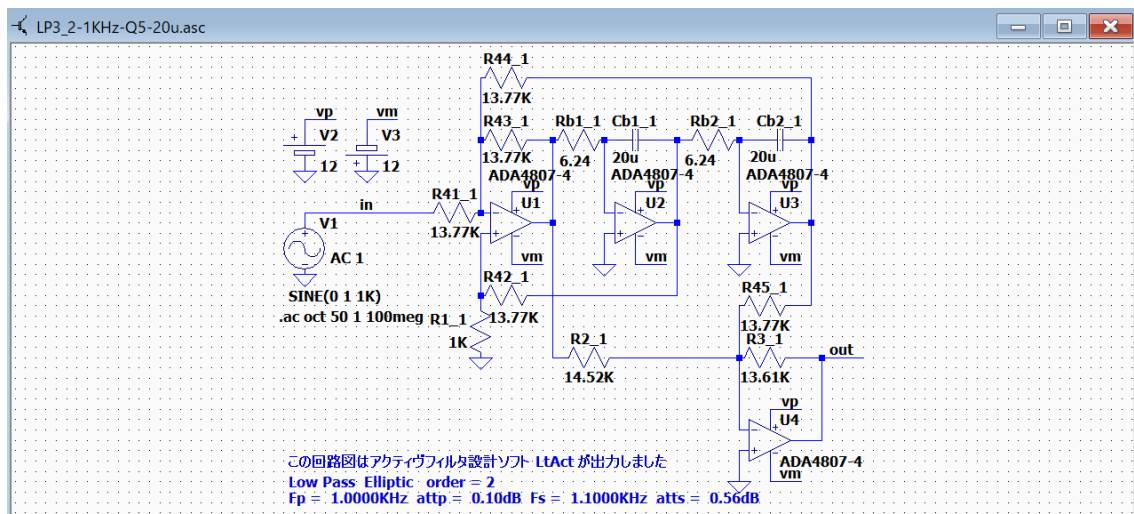
フィルタの周波数ごとにコンデンサの利用可能な範囲を確認しました。

C1\_1 の値を 10p から 100u まで変えて、回路の Q 値が約 5, 2, 1 に対して、遮断特性とオーバーシュートを確認しました。出来るだけ小さいコンデンサの素子値で、オーバーシュートが小さくなる素子値を推奨値としてまとめました。

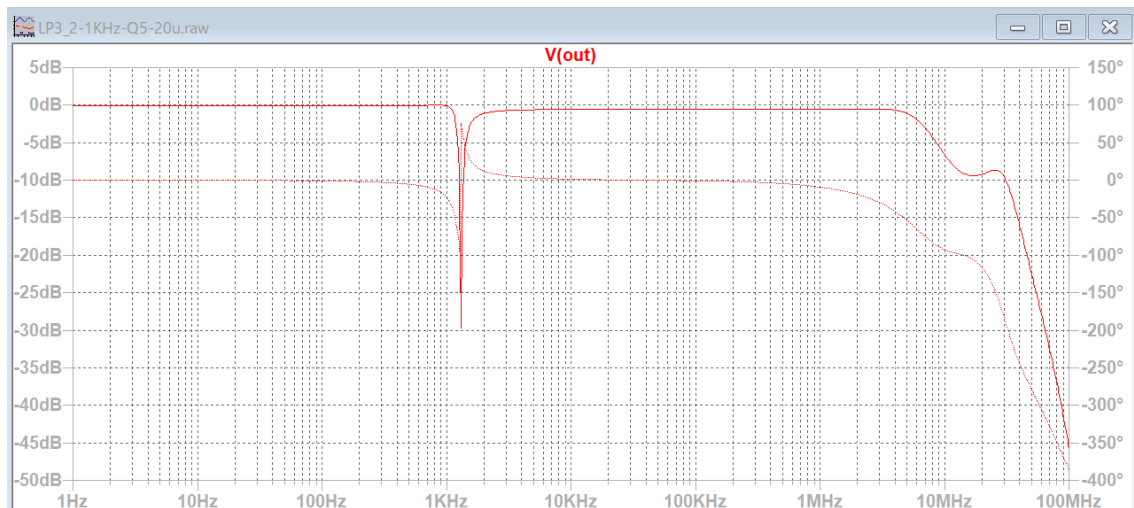
高次数のローパスフィルタのコンデンサ値を設定する時に参考になると思います。

## ローパス・楕円関数 2 次 1KHz LP3

Q=5 程度の場合 (Xs=1.1, 1.3, 2 に設定すると、それぞれ Q=5, 2, 1 程度になります)



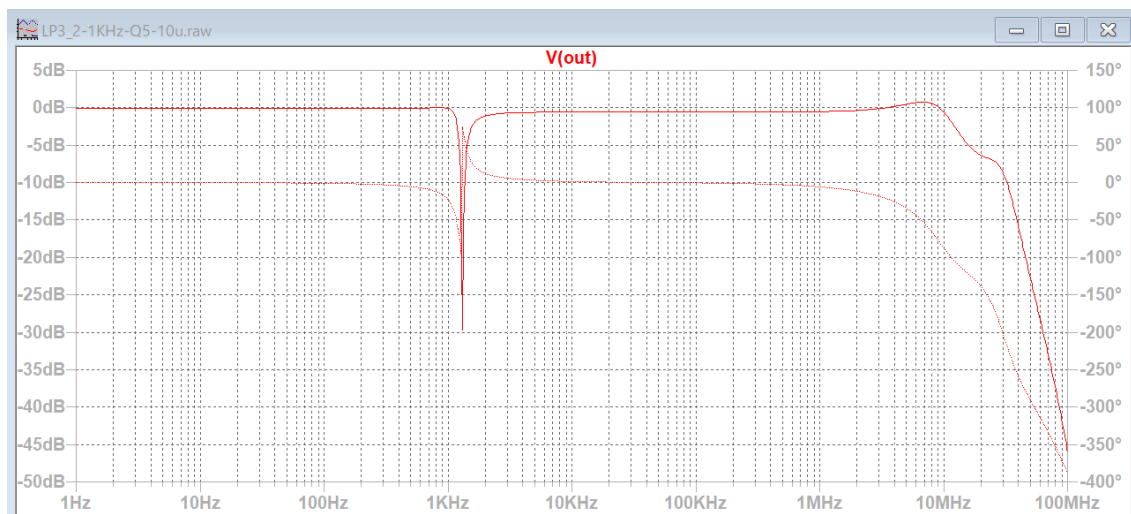
Q=5, C1\_1=20u の場合



20u では素子値が大きすぎて、遮断域内で減衰量が停滞する部分があります。

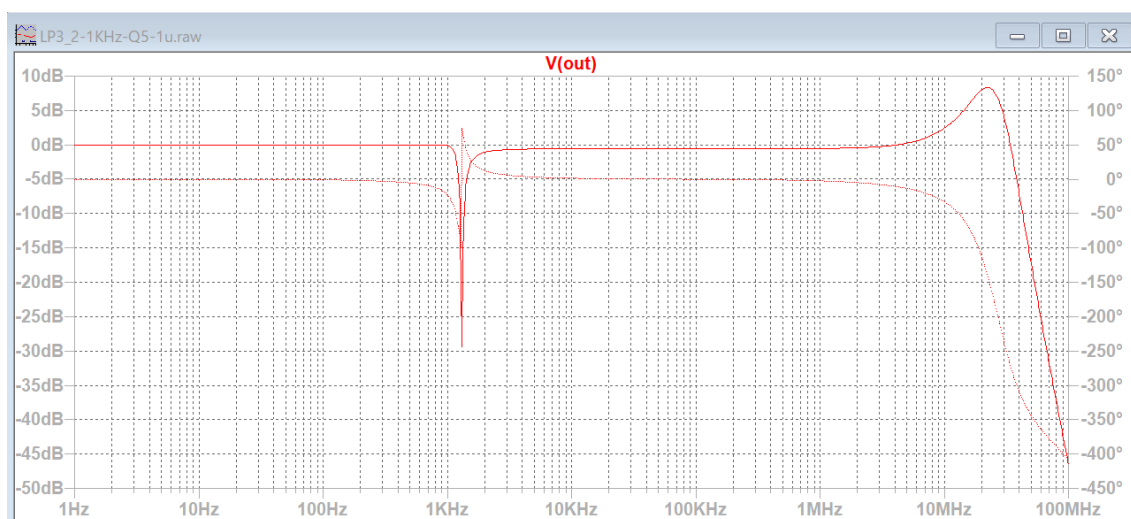
## ローパスフィルタ

C1\_1=10u の場合



10u にすると、減衰量が単調に増加しています。

C1\_1=1u の場合



1u にすると、オーバシュートが発生します。

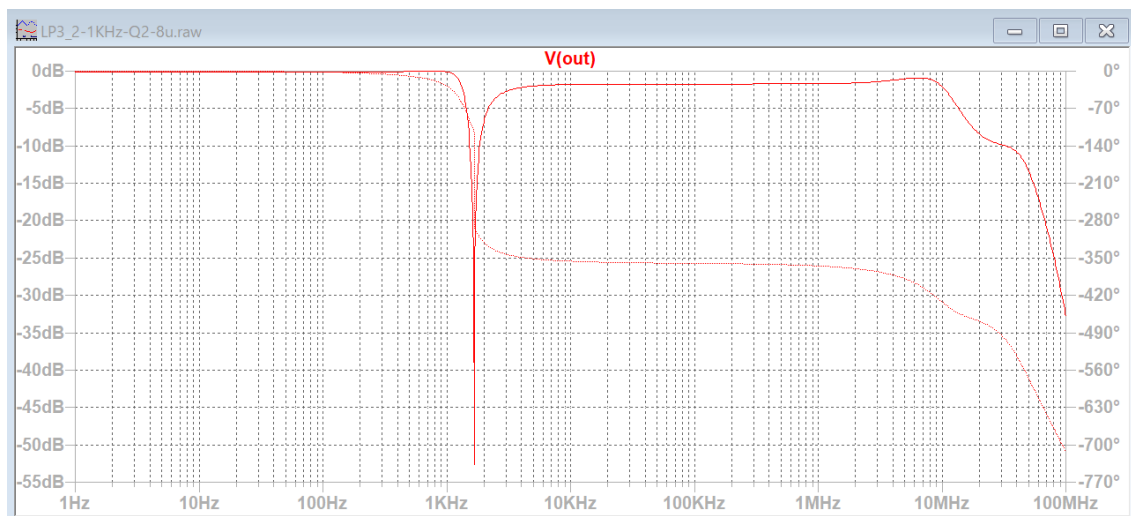
以上より、1KHz で回路の  $Q$  が 5 程度の場合には、C1\_1=10u を推奨値とします。

同様にして、 $Q=2$  ( $X_s=1.3$ ) および  $Q=1$  ( $X_s=2$ ) 程度の場合の推奨値を求めます。

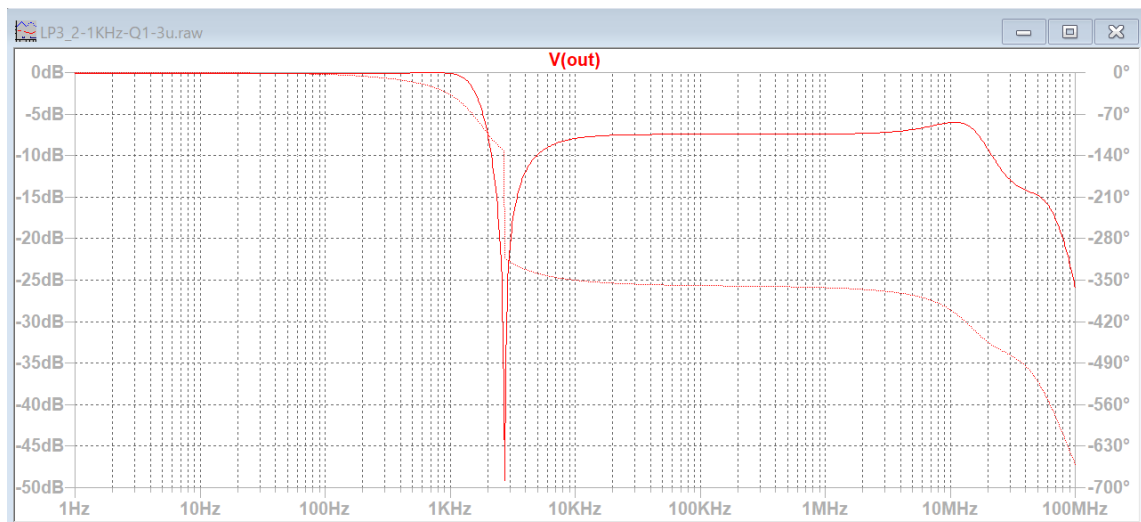
$Q < 1$  の場合は  $Q=1$  の推奨値を使用します。

## ローパスフィルタ

$Q=2$ ,  $C1\_1=8.2\mu$  の場合、減衰量が単調に増加しています。



$Q=1$ ,  $C1\_1=3\mu$  の場合、減衰量が単調に増加しています。



同様にして、フィルタの周波数 1KHz から 1MHz までの推奨値を求めます。

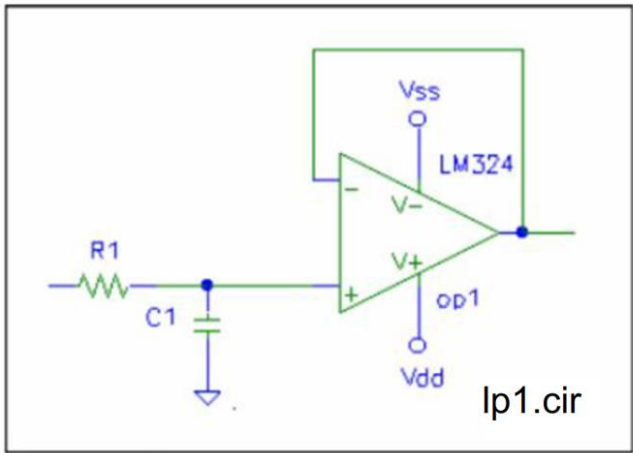
まとめ LP3 の Cb1\_1 の値

この表はオペアンプに ADA4807-4 を利用する場合の値です。

LP3(et1)	Cb1_1の値		
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	10u	8.2u	3u
10	1.2u	0.9u	0.4u
100	120n	90n	40n
1000	18n	10n	4n

表の値は参考値です。オーバシュートが発生する程度の値が望ましい時などもありますので、希望する特性が得られなかったときは広範囲に値を変えて実験して下さい。

奇数次数のローパスフィルタには、1 次のフィルタが追加されます。C1 を周波数に見合った適当な値に設定して下さい。



lp1 (1次)	C1の値
周波数 KHz	
1	1n
10	0.1n
100	10p
1000	10p

図 2－1 1 次のローパスフィルタ基本回路 1 lp1\_1.cir

基本回路「lp1.cir」は、LP1, LP2, LP3, LP4 で利用されます。

## ローパスフィルタ

## LP3 回路の素子値の設定方法

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ 遮断特性 Elliptic

設計するフィルタの次数  $m(≤58)$  4

カットオフ周波数  $F_c$  10 KHz

周波数  $F_c$  における減衰量又はリップル attp 0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍

OK キャンセル

4 次のローパス・楕円関数フィルタを設計します。

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Low Pass Elliptic 次数=4

$F_p = 10.0000\text{KHz}$   $\text{attp} = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 15.0000\text{KHz}$   $\text{atts} = 29.06\text{dB}$

2 次式の形式

$$P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}$$

$H_n = \text{-----}$

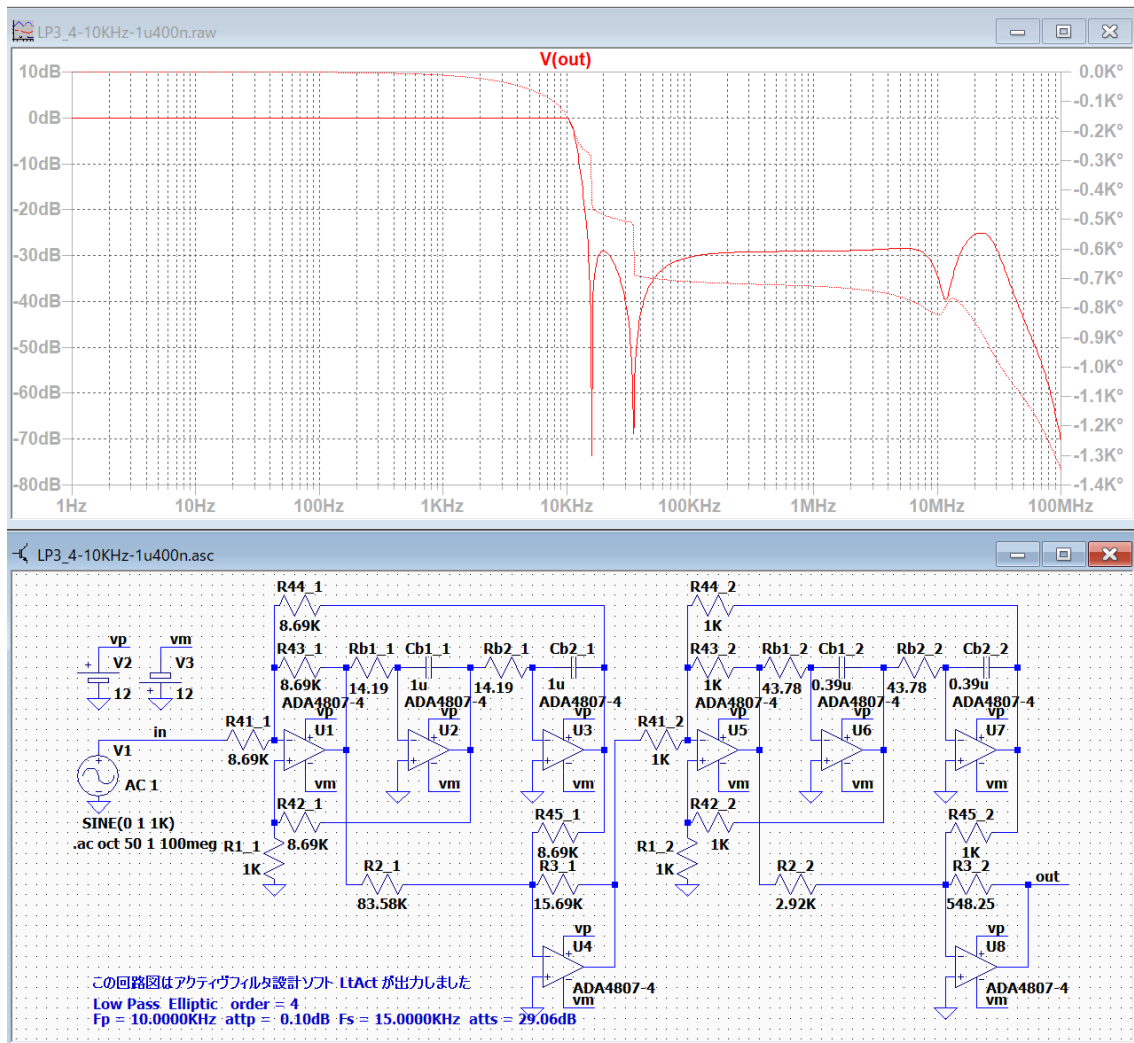
$$s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}$$

2 次式

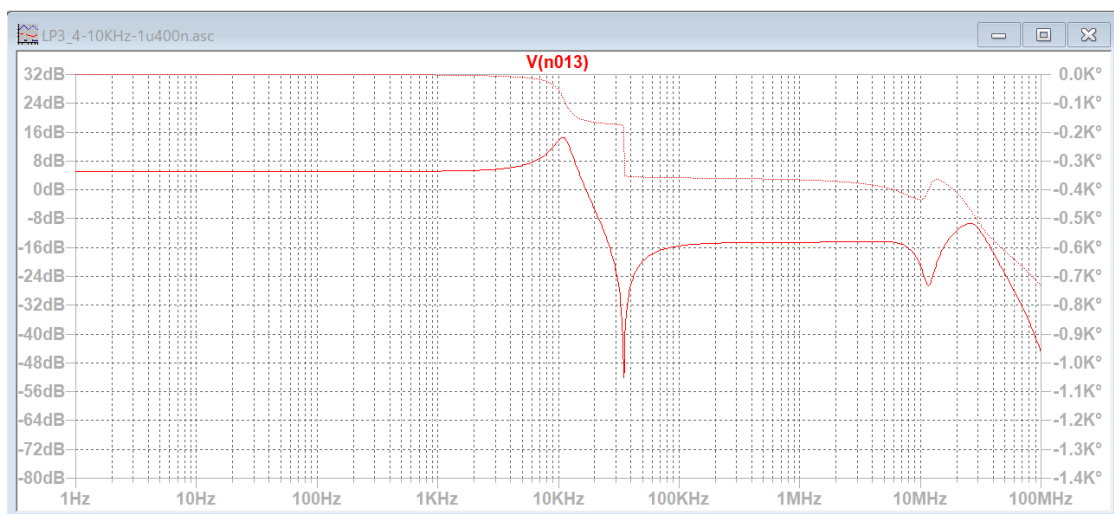
n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	Q=
1	21.8186K	4.9666G	0.1877	0	8.9645G	3.2300
2	87.8055K	3.4301G	0.1877	0	1.8786G	0.6670

フィルタの Q 値は 1 番目のブロックが 3.2、2 番目のブロックが 0.67 で、周波数は 10KHz ですから、「まとめ LP3 の Cb1\_1 の推奨値」を参考にして、 $Cb1\_1 = 1\mu$ ,  $Cb1\_2 = 0.4\mu$  に設定して回路図を作成後、「ファイル」→「データファイルを開く」で LP3\_4-10KHz-1u400n.asc を「LTSpice」に読み込んで、「RUN」してノード「out」を確認します。

## ローパスフィルタ



20MHz 付近にオーバーシュートがあるので、V(out)を右クリックして「Delete this Trace」をクリックしてから、オペアンプ U4 の出力ノードを確認します。



基本回路 LP3 のコンデンサ値LP3 回路の素子値の設定方法

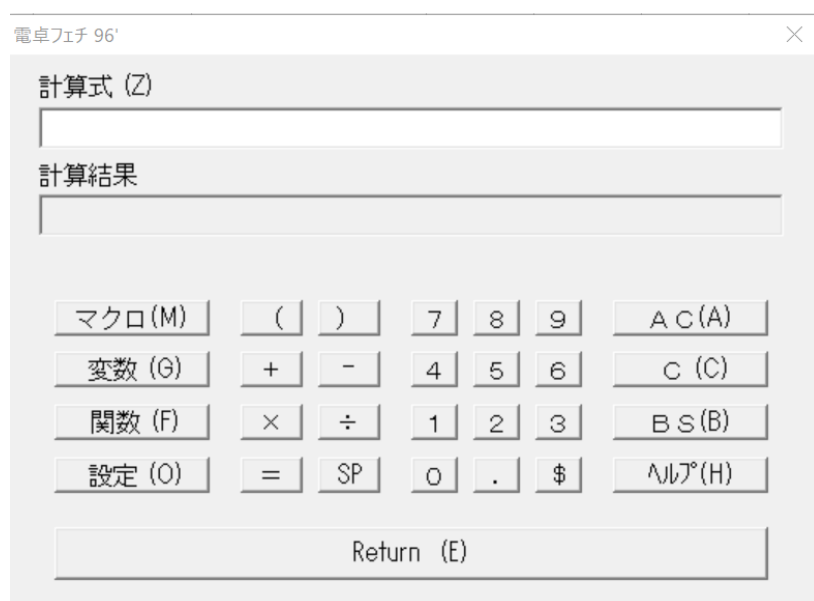


## ローパスフィルタ

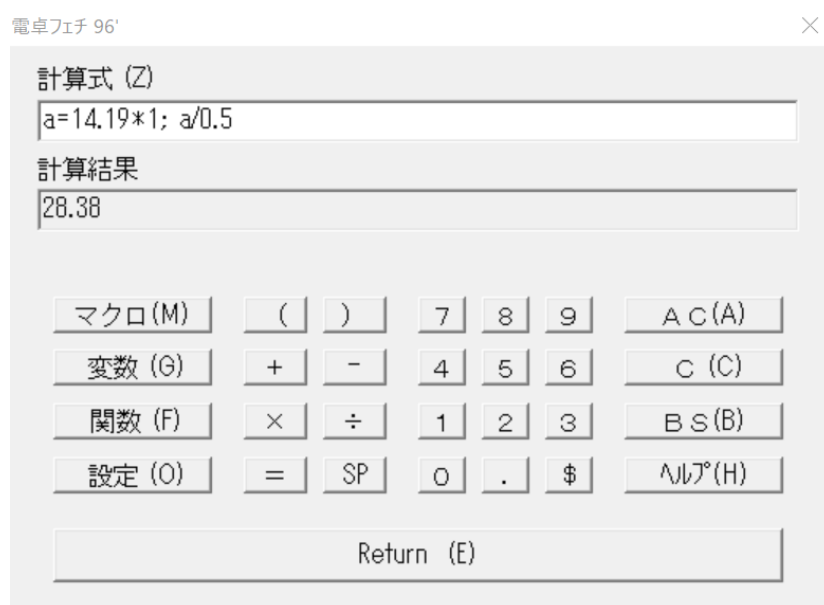
20MHz 付近にオーバシュートがあるので、Cb1\_1 と Cb2\_1 を 0.5u から 2u の範囲で調整してグラフの変化を確認して、オーバシュートが改善される値を探します。

Cb1\_1 と Rb1\_1 を掛けた値が変化しないように、値を調整する必要があります。  
下記より、「電卓プログラム Dt\_.exe」をダウンロードして、起動してください。

<https://www.vector.co.jp/vpack/browse/person/an008575.html>



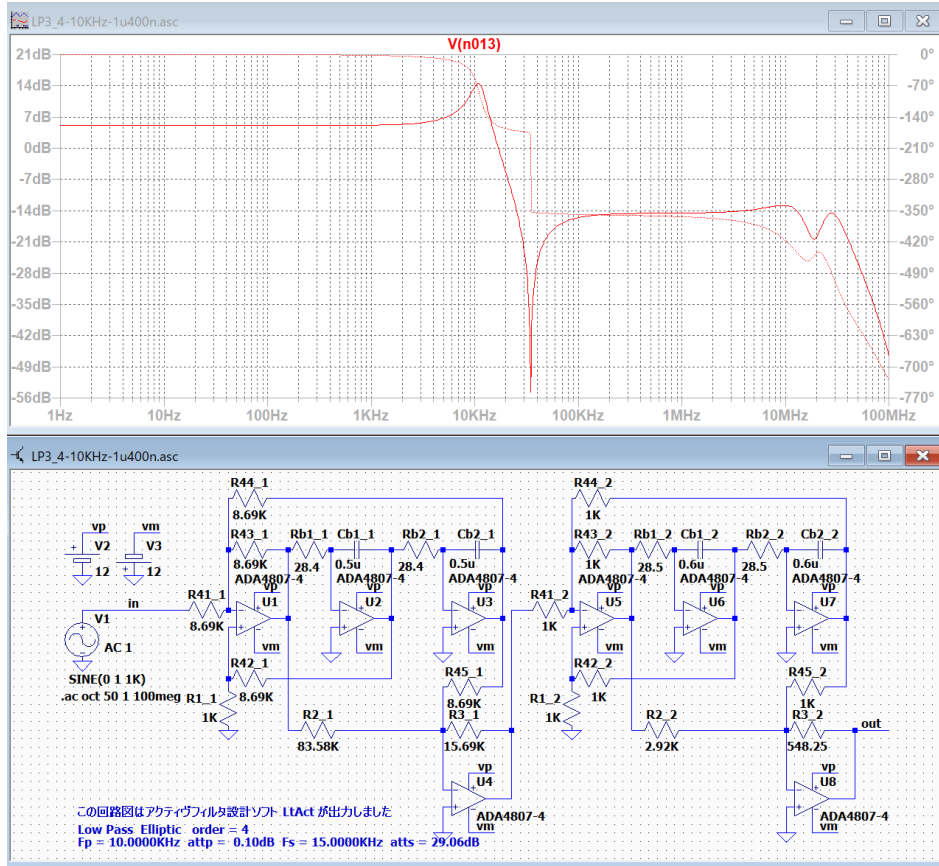
Cb1\_1 と Rb1\_1 を乗算する数式を次のように入力して「Enter」してください。



## ローパスフィルタ

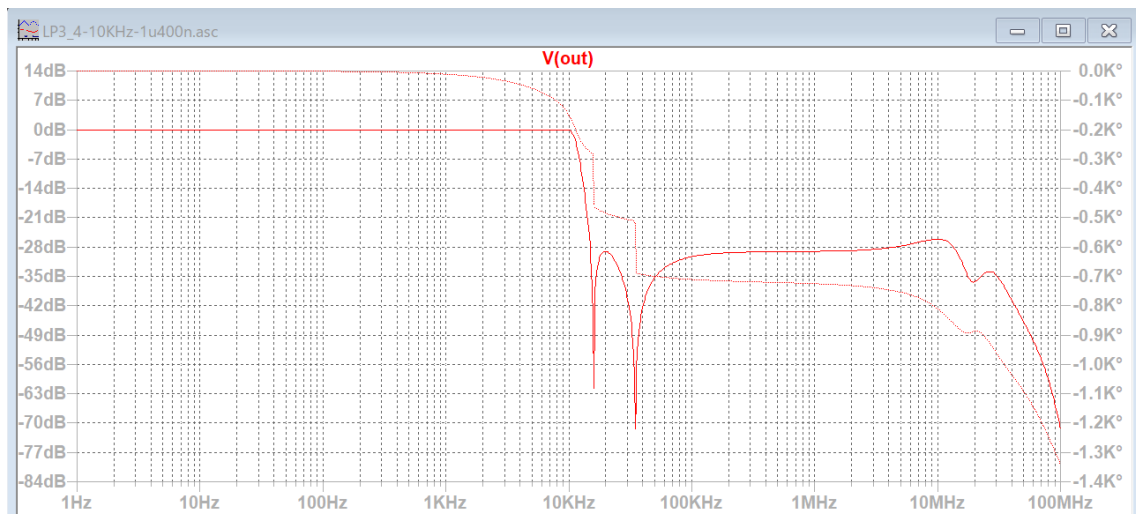
計算結果は  $Cb1\_1=0.5u$  に変更する時の  $Rb1\_1$  の値になります。

回路図で、 $Cb1\_1$  と  $Rb1\_1$  および  $Cb2\_1$  と  $Rb2\_1$  に変更すべき値を入力して再び「RUN」して下さい。



$Cb1\_1 = Cb2\_1 = 0.5u$ ,  $Rb1\_1 = Rb2\_1 = 28.4$  に変更すると、オーバーシュートが消えました。

$V(n013)$  のグラフを消して、 $V(out)$  を表示します。



基本回路 LP3 のコンデンサ値LP3 回路の素子値の設定方法

## ローパスフィルタ

10MHz 付近で少しオーバシュートがあるので、同様にして Cb1\_2 を 0.3u から 1.2u の間で調整します。

電卓 96' ×

計算式 (Z)

a=28.5\*0.6; a/0.3

計算結果

57.

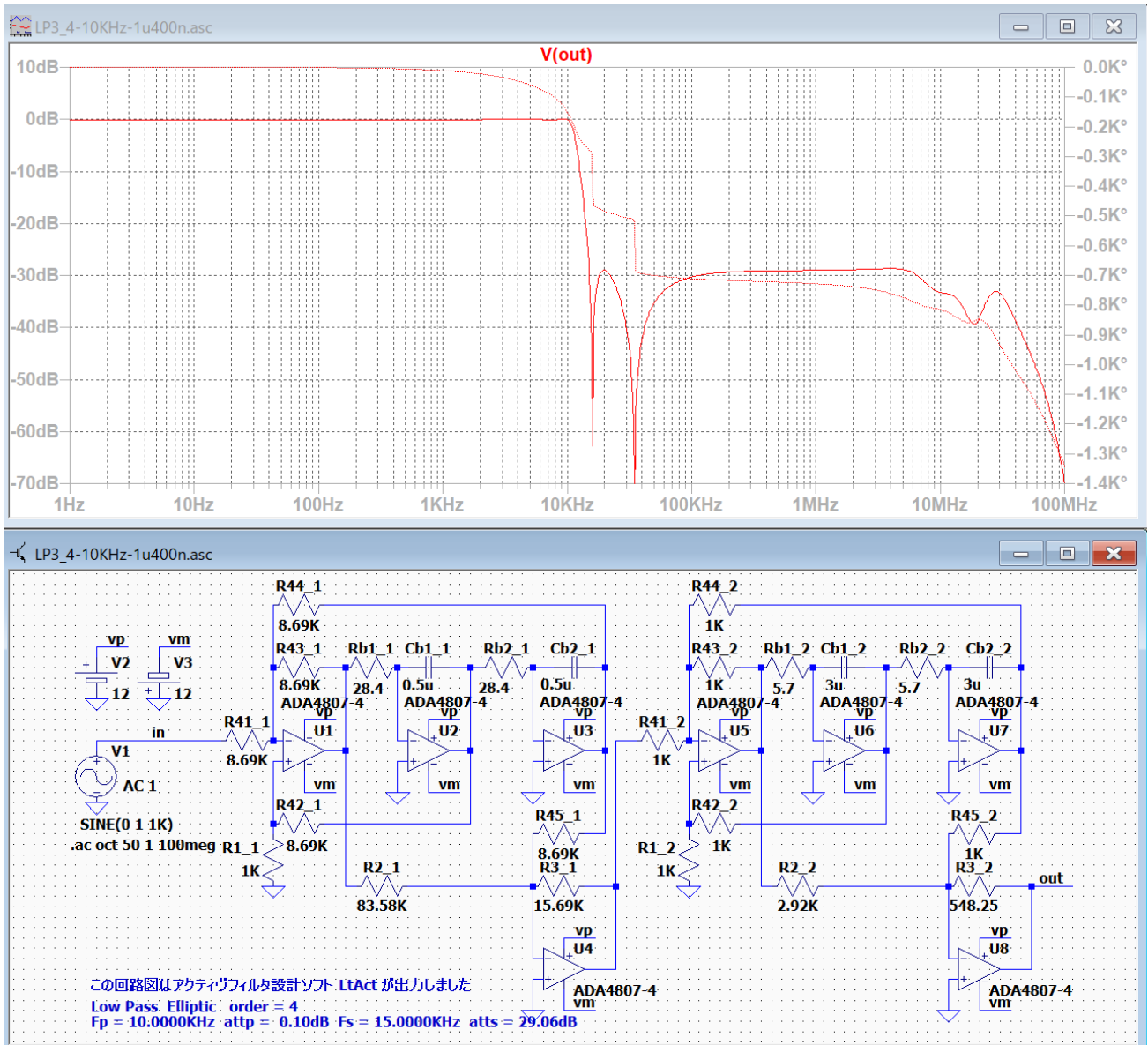
マクロ (M)	(	)	7	8	9	AC (A)
変数 (G)	+	-	4	5	6	C (C)
関数 (F)	×	÷	1	2	3	BS (B)
設定 (O)	=	SP	0	.	\$	ヘルプ (H)

Return (E)

0.3u に変更するとオーバシュートが大きくなり、1.2u にするとオーバシュートが改善されましたが、足りなかったので最終的に 3u に決定しました。

## ローパスフィルタ

LP3\_4-10KHz-1u400n.asc



6 次以上のフィルタも同様に、伝達関数の係数と  $Q$  値を出力して、 $Q$  値と周波数に対応した  $Cb1\_?$  を設定して、回路図を出力してから、LTSpice で第 1 ブロックから順に素子値を調整して下さい。

## ローパスフィルタ

## 基本回路 LP4 のコンデンサ値

LP4(et2)は逆チェビシェフと楕円関数のローパスフィルタで使用される基本回路名です。

et2 は LP4, HP4, BP4 及び BE2 で利用される基本回路です。

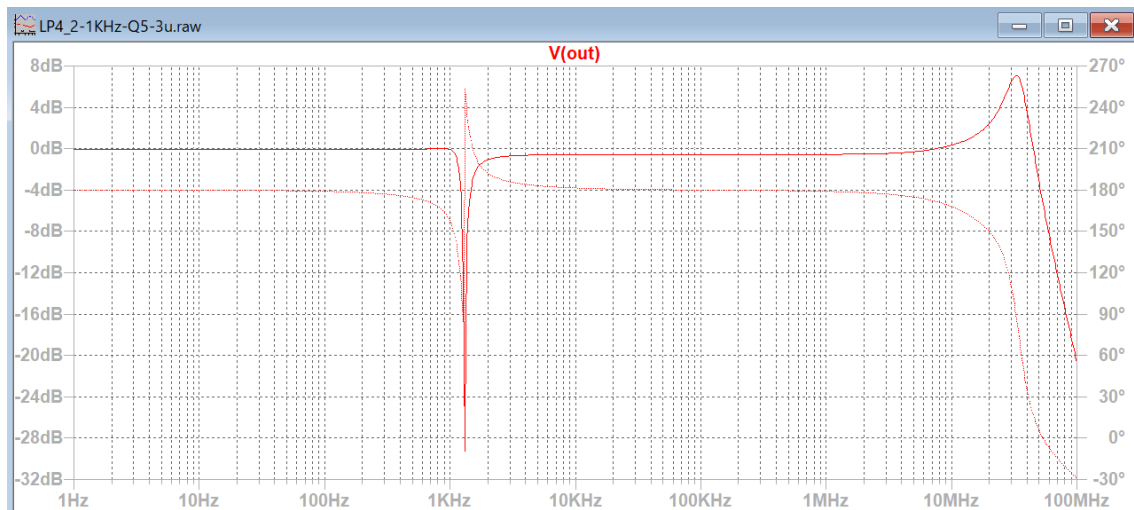
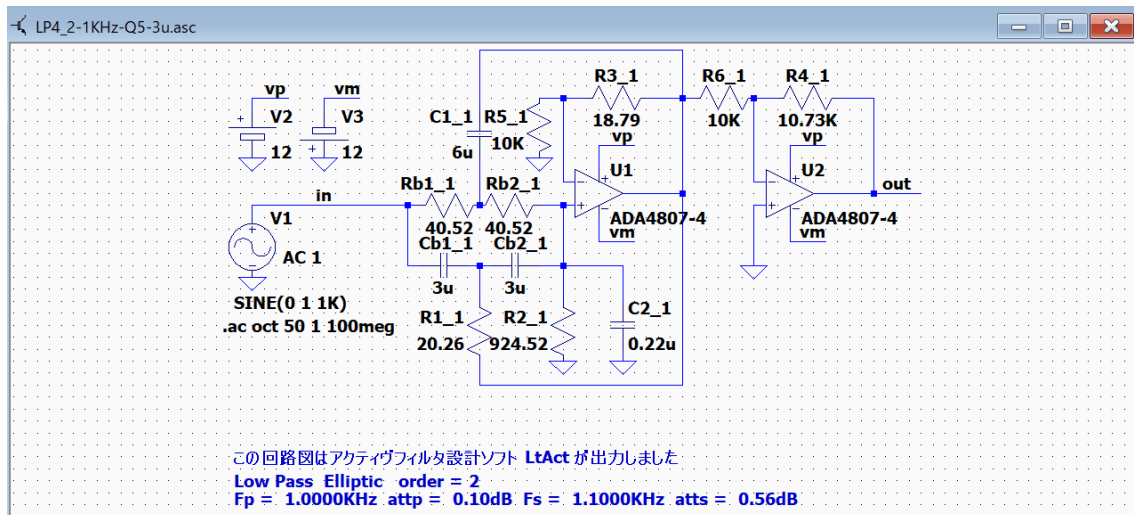
フィルタの周波数ごとにコンデンサの利用可能な範囲を確認しました。

C1\_1 の値を 10p から 100u まで変えて、回路の Q 値が約 5, 2, 1 に対して、遮断特性とオーバーシュートを確認しました。出来るだけ小さいコンデンサの素子値で、オーバーシュートが小さくなる素子値を推奨値としてまとめました。

高次数のローパスフィルタのコンデンサ値を設定する時に参考になると思います。

## ローパス・楕円関数 2次 1KHz LP4

Q=5 程度の場合 (Xs=1.1, 1.3, 2 に設定すると、それぞれ Q=5, 2, 1 程度になります)



Q=5, 1KHz の場合、C1\_1=3u の時にオーバーシュートが一番小さくなりました。しかし、et2 ではオーバーシュートを完全に消すことは出来ません。

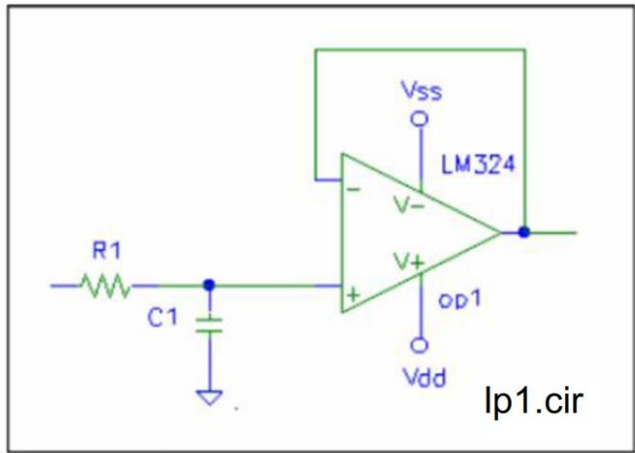
まとめ LP4 の Cb1\_1 の値

この表はオペアンプに ADA4807-4 を利用する場合の値です。

LP4(et2)	Cb1_1の値		
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	3u	1u	0.1u
10	0.2u	0.1u	20n
100	20n	10n	2n
1000	2n	1n	0.2n

表の値は参考値です。オーバシュートが発生する程度の値が望ましい時などもありますので、希望する特性が得られなかったときは広範囲に値を変えて実験して下さい。

奇数次数のローパスフィルタには、1 次のフィルタが追加されます。C1 を周波数に見合った適当な値に設定して下さい。



lp1 (1次)	C1の値
周波数 KHz	
1	1n
10	0.1n
100	10p
1000	10p

図 2－1 1 次のローパスフィルタ基本回路 1 lp1\_1.cir

基本回路「lp1.cir」は、LP1, LP2, LP3, LP4 で利用されます。

## ローパスフィルタ

## LP4 回路の素子値の設定方法

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ 遮断特性 Elliptic

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  4

カットオフ周波数  $F_c$  10 KHz

周波数  $F_c$  における減衰量又はリップル  $att_p$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍

OK キャンセル

4 次のローパス・楕円関数フィルタを設計します。

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アタック Low Pass Elliptic 次数=4

$F_p = 10.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 15.0000\text{KHz}$   $atts = 29.06\text{dB}$

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$H_n = \text{-----}$

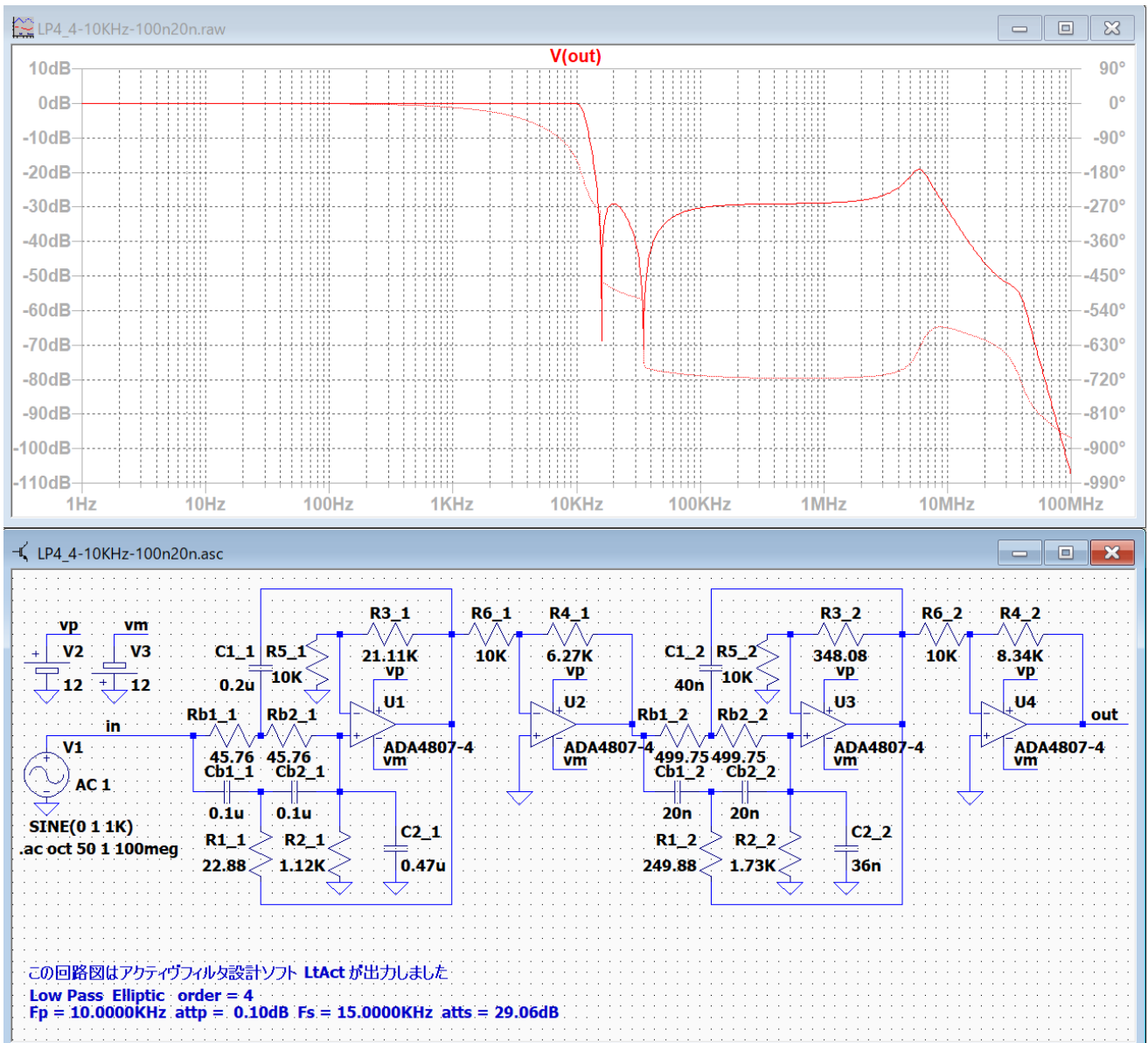
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	21.8186K	4.9666G	0.1877	0	8.9645G	3.2300
2	87.8055K	3.4301G	0.1877	0	1.8786G	0.6670

フィルタの Q 値は 1 番目のブロックが 3.2、2 番目のブロックが 0.67 で、周波数は 10KHz ですから、「まとめ LP4 の Cb1\_1 の推奨値」を参考にして、 $Cb1\_1 = 0.1\mu$ ,  $Cb1\_2 = 20n$  に設定して回路図を作成後、「ファイル」→「データファイルを開く」で LP4\_4-10KHz-100n20n.asc を「LTSpice」に読み込んで、「RUN」してノード「out」を確認します。

## ローパスフィルタ



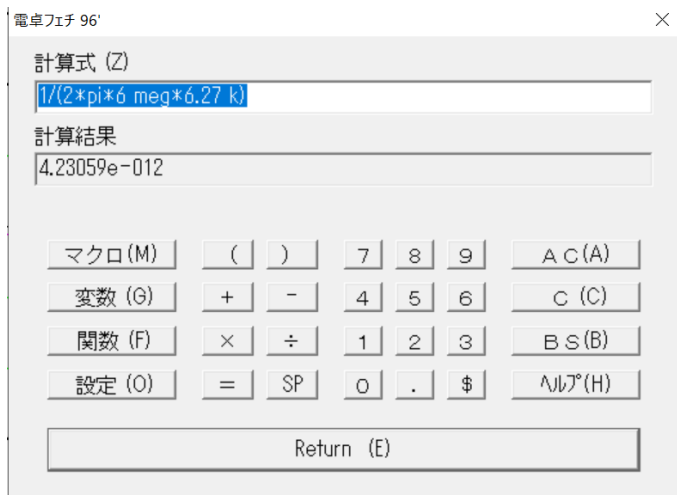
6MHz 付近にオーバーシュートがあるので、V(out)を右クリックして「Delete this Trace」をクリックしてから、オペアンプ U4 の出力ノードを確認します。



## ローパスフィルタ

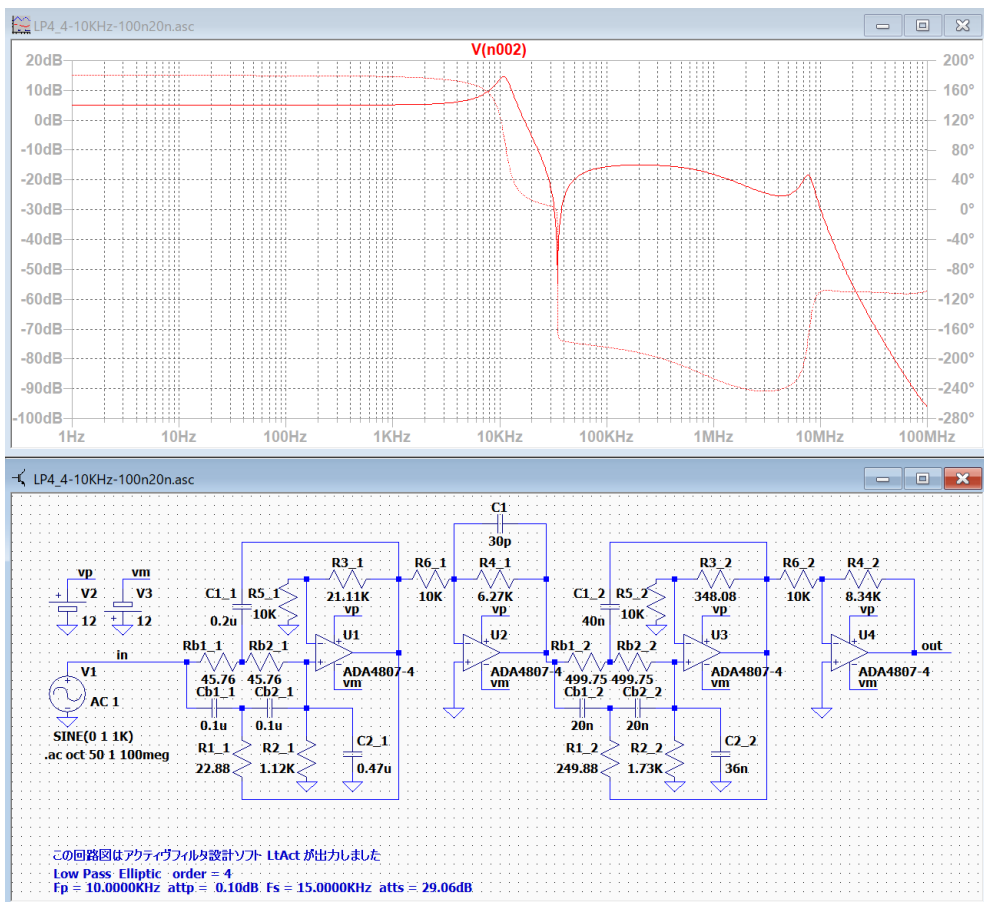
この基本回路では Cb1\_? を調整してもオーバシュートを消すことが出来ません。

各ブロック後段のゲイン調整用オペアンプ (U2 または U4) の R4\_? にコンデンサを並列接続するとローパスフィルタが形成されるのでオーバシュートを消すことが出来ます。



R4\_1 と C1 によるローパスフィルタのカットオフ周波数がオーバシュートの周波数になる  
C1 の値が 4p になることが分かります。

オーバシュートを消すには、この 10 倍程度の値を設定して「RUN」して下さい。

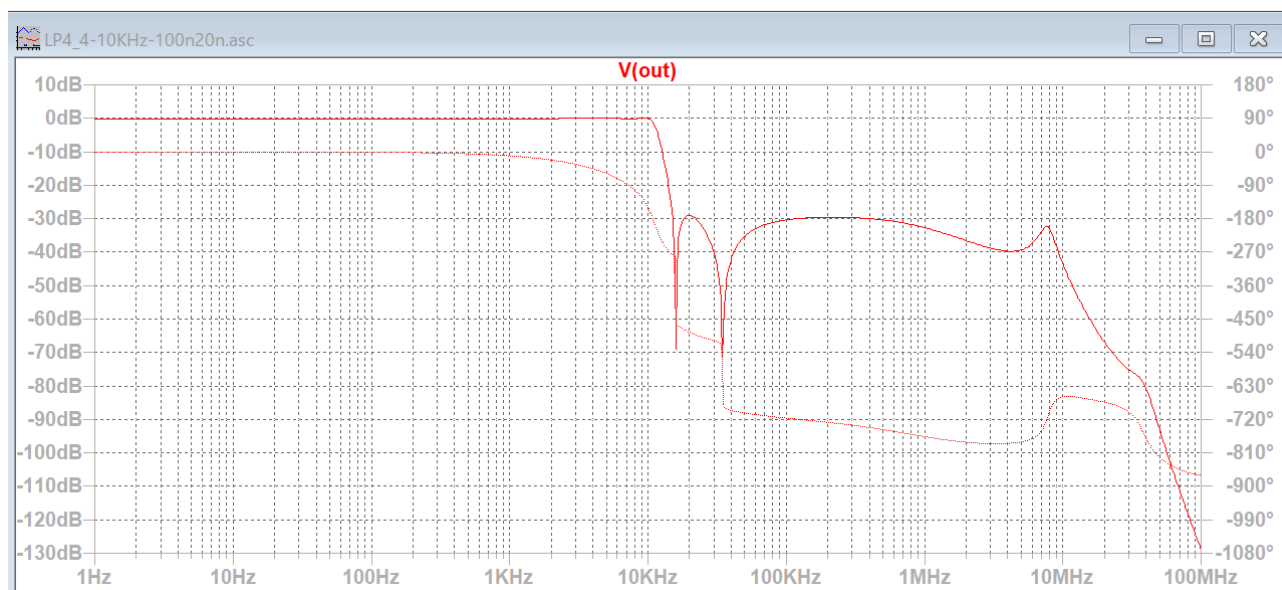


基本回路 LP4 のコンデンサ値LP4 回路の素子値の設定方法

## ローパスフィルタ

C1=30p でオーバシュートが消えました。

V(n002)のグラフ表示を消して、V(out)を表示します。



V(out)の遮断域にはオーバシュートが無いので、これで完成です。

オーバシュートがある場合には、R4\_2にC2を並列に接続して調整して下さい。

Q 値が 2 以上のブロックでは、オーバシュートが発生すると思います。

## ローパスフィルタ

## 逆チェビシェフ

LP3\_6-100KHz.asc

ローパス・逆チェビシェフ 6次 100KHz

## 設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ

遮断特性 Inv. Cheb

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  6

カットオフ周波数  $F_c$  100 KHz

周波数  $F_c$  における減衰量又はリップル  $att_p$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Low Pass Inv. Cheb 次数=6

 $F_p = 100.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 150.0000\text{KHz}$   $atts = 27.82\text{dB}$ 

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

 $H_n = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$ 

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

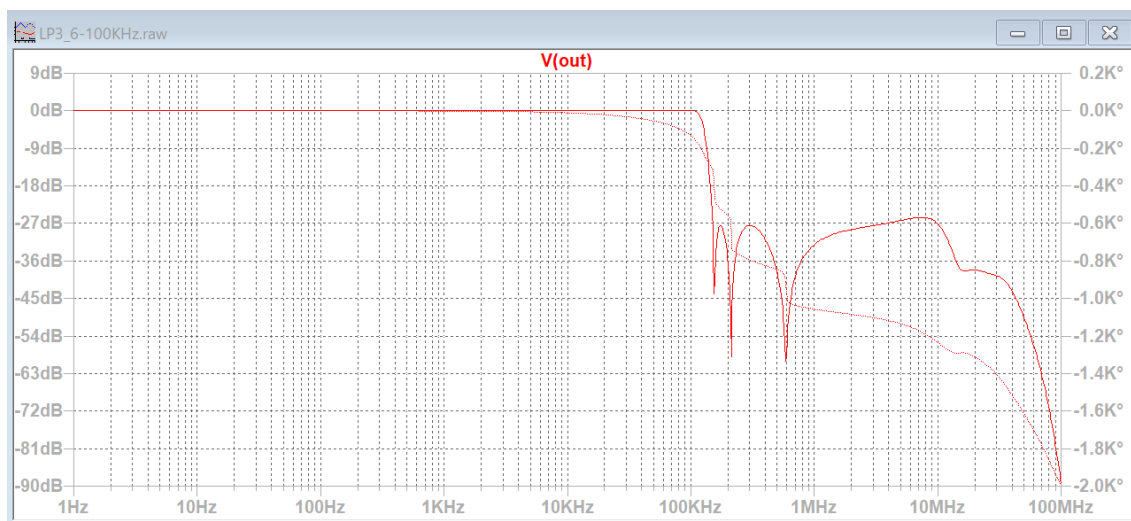
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	239.5295K	626.8175G	0.6584	0	626.8175G	Q= 3.3053
2	942.3546K	902.6256G	0.5081	0	902.6256G	Q= 1.0082
3	2.2988Meg	1.6119T	0.1216	0	1.6119T	Q= 0.5523

「まとめ LP3 の Cb1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

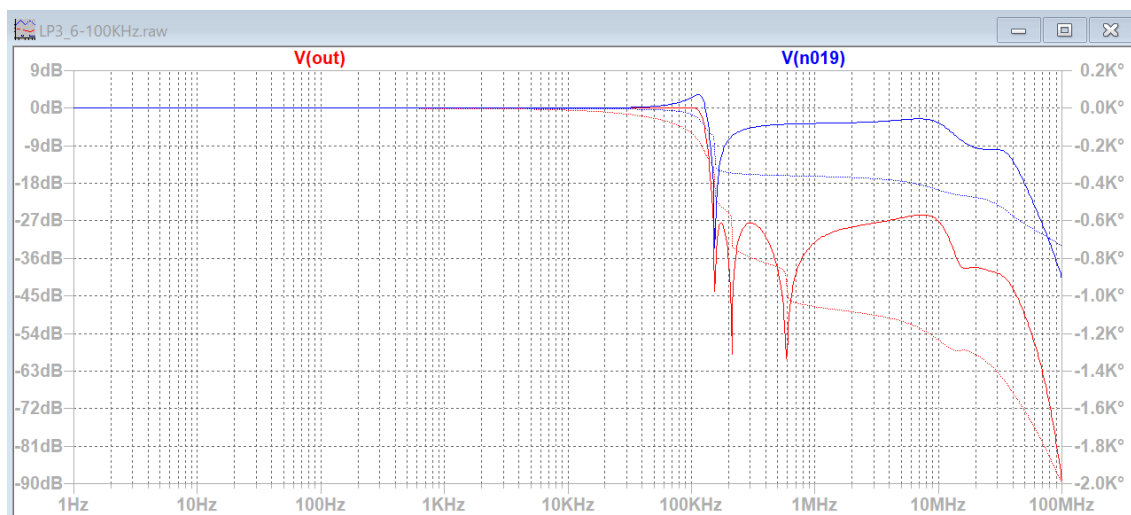
Cb1\_1 = 90n, Cb1\_2=40n, Cb1\_3=40n を設定して、回路図ファイルを出力する。

## ローパスフィルタ

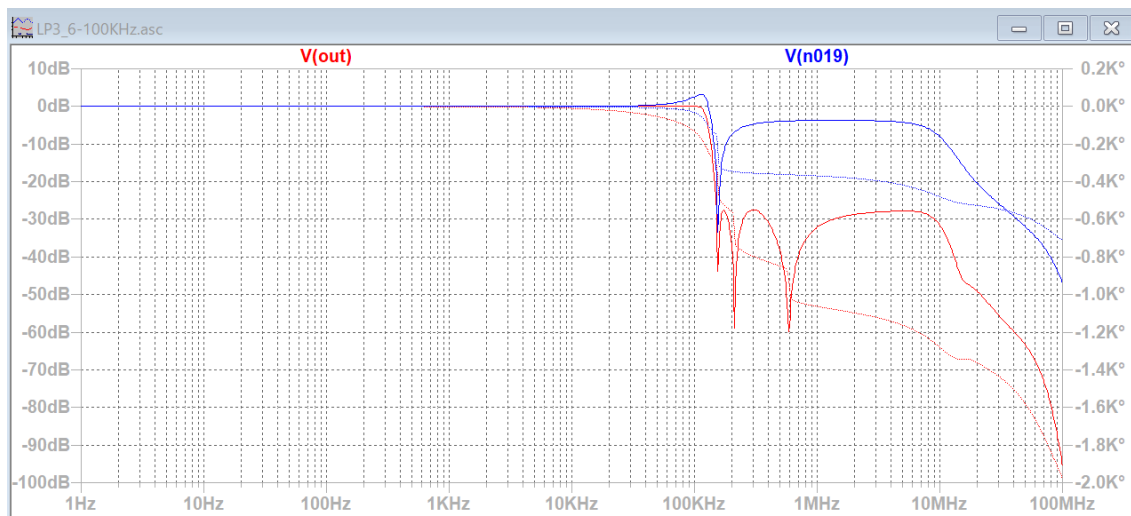
V(out)を確認する



遮断域にオーバーシュートがあるので、U4 の出力を確認して調整する。

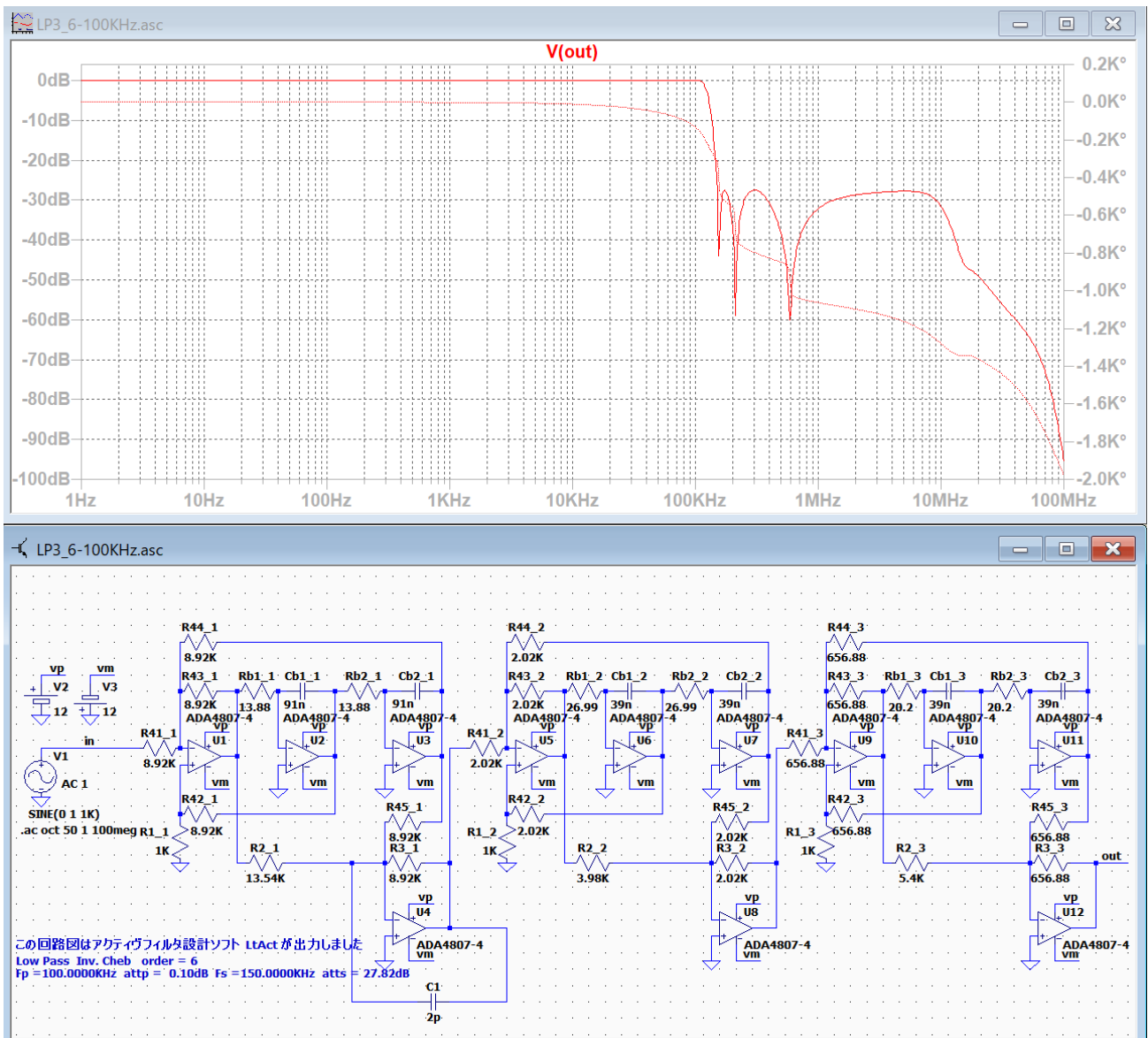


オーバーシュートは第 1 ブロックで発生しているので、R3\_1 に C1=2p を並列接続する。



## ローパスフィルタ

## 完成した回路図



C1 を追加することで、最低減衰量が設計値を満足しました。

ローパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test ¥LP3\_6-100KHz.asc 作成日時 Sun Nov 22 19:13:58

2020

アナログ Low Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs =150.0000KHz atts = 27.82dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 13.8800 Cb\_1 (2 個) = 91.0000n 誤差 = 6.3398 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 13.5419K R3\_1 = 8.9159K R4\_1 (5 個) =

8.9159K 誤差 = 4.9537 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 26.9887 Cb\_2 (2 個) = 39.0000n 誤差 = 0.0420 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 3.9847K R3\_2 = 2.0245K R4\_2 (5 個) =

2.0245K 誤差 = 2.7307 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 20.1962 Cb\_3 (2 個) = 39.0000n 誤差 = 0.9716 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 5.4039K R3\_3 = 656.8787 R4\_3 (5 個) = 656.8787

誤差 = 6.1605 %

ローパスフィルタ

LP4\_6-100KHz.asc

ローパス・逆チェビシェフ 6次 100KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ

遮断特性 Inv. Cheb

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

カットオフ周波数  $F_c$  100 KHz

周波数 $F_c$ における減衰量又はリップル  $att_p$  0.1 dB OK

最低減衰量に達する周波数を $F_s$ として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍 キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Low Pass Inv. Cheb 次数=6

 $F_p = 100.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 150.0000\text{KHz}$   $atts = 27.82\text{dB}$ 

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

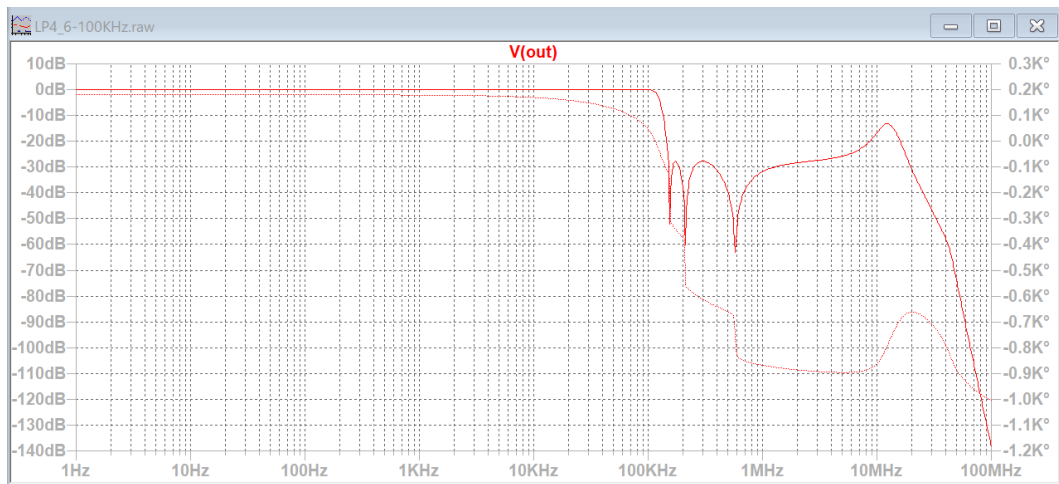
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	239.5295K	626.8175G	0.6584	0	626.8175G	Q=	3.3053
2	942.3546K	902.6256G	0.5081	0	902.6256G	Q=	1.0082
3	2.2988Meg	1.6119T	0.1216	0	1.6119T	Q=	0.5523

「まとめ LP4 の Cb1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。 $Q < 1$  のブロックは  $Q=1$  の値を使用する。

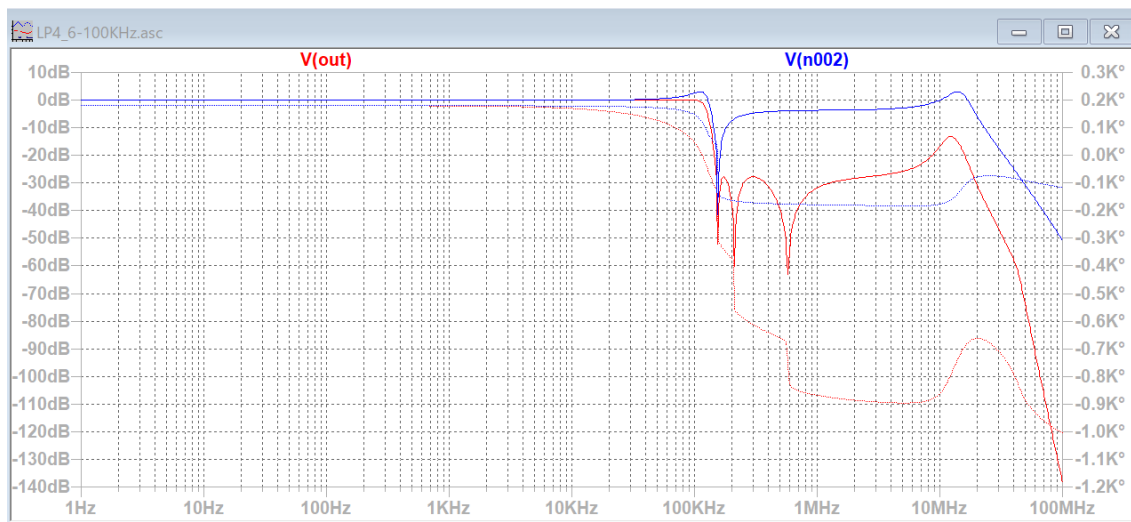
$Cb1\_1 = 10\text{n}$ ,  $Cb1\_2 = 2\text{n}$ ,  $Cb1\_3 = 2\text{n}$  を設定して、回路図ファイルを出力する。

## ローパスフィルタ

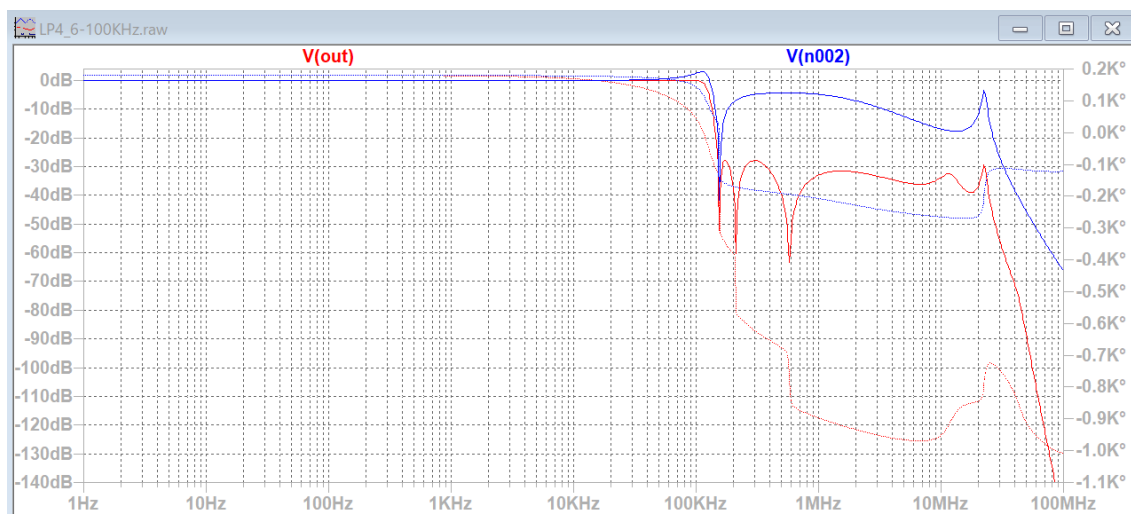
V(out)を確認する



オーバーシュートがあるので、U2 の出力を確認して調整する。



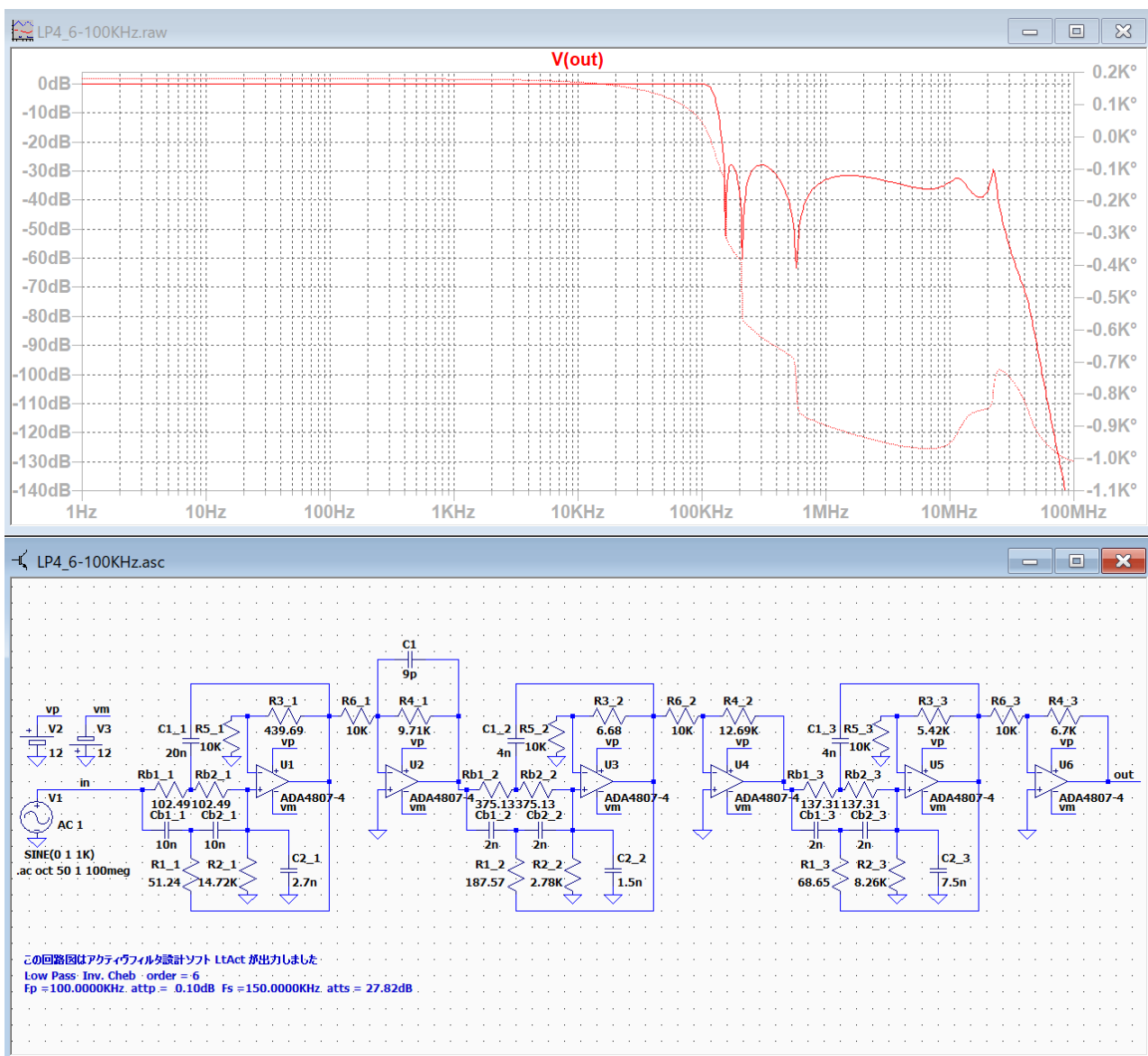
14MHz にオーバーシュートがある。R4\_1 に C1=9p を並列に接続する





## ローパスフィルタ

## 完成した回路図



ローパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP1-LP2 Q\LP4\_6-100KHz.asc 作成日時 Thu Nov 19  
20:25:18 2020

アナログ Low Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs =150.0000KHz atts = 27.82dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 102.4879 Cb\_1 (2 個) = 10.0000n R1\_1 = 51.2440 C1\_1  
= 20.0000n 誤差 = 2.4738 %

1 R2\_1 = 14.7168K C2\_1 = 2.7000n 誤差 = 1.9240 %

1 R3\_1 = 439.6881 R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.2034 %

1 R4\_1 = 9.7122K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.9628 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 375.1318 Cb\_2 (2 個) = 2.0000n R1\_2 = 187.5659 C1\_2  
= 4.0000n 誤差 = 6.1830 %

2 R2\_2 = 2.7766K C2\_2 = 1.5000n 誤差 = 2.7587 %

2 R3\_2 = 6.6845 R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.7285 %

2 R4\_2 = 12.6936K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 2.4137 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 137.3078 Cb\_3 (2 個) = 2.0000n R1\_3 = 68.6539 C1\_3  
= 4.0000n 誤差 = 5.9567 %

3 R2\_3 = 8.2627K C2\_3 = 7.5000n 誤差 = 0.7594 %

3 R3\_3 = 5.4184K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 3.3510 %

3 R4\_3 = 6.7013K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 1.4728 %

ローパスフィルタ

LP3\_6-1MHz.asc

ローパス・逆チェビシェフ 6次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  6

カットオフ周波数  $F_c$  1 Meg

周波数  $F_c$  における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍

遮断特性 Inv. Cheb

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Low Pass Inv. Cheb 次数=6

 $F_p = 1.0000\text{MegHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 1.5000\text{MegHz}$   $atts = 27.82\text{dB}$ 

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$$Hn = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$$

2次式

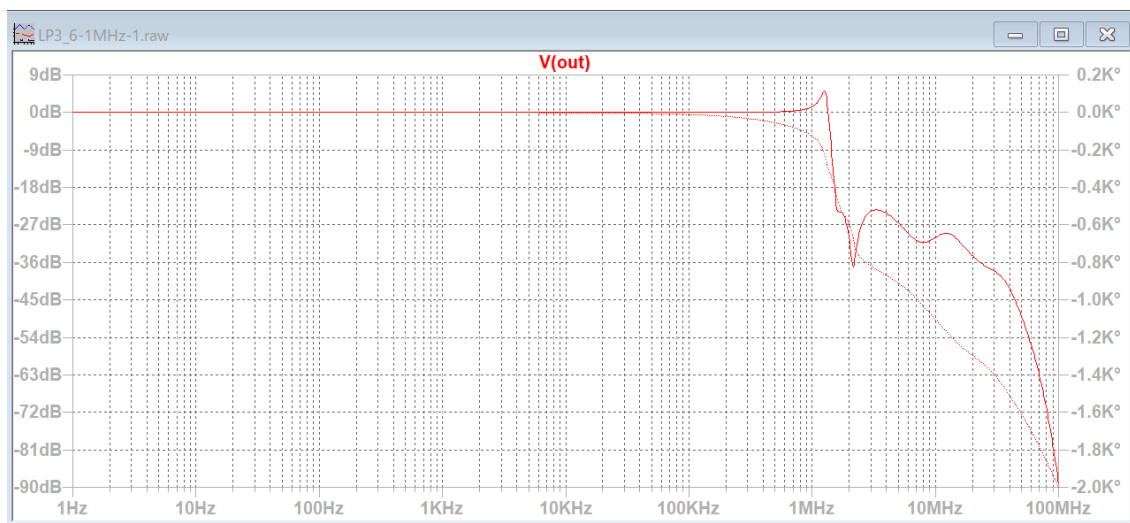
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=	
1	2.3953Meg	62.6817T	0.6584	0	62.6817T	Q=	3.3053
2	9.4235Meg	90.2626T	0.5081	0	90.2626T	Q=	1.0082
3	22.9877Meg	161.1870T	0.1216	0	161.1870T	Q=	0.5523

「まとめ LP3 の Cb1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。 $Q < 1$  のブロックは  $Q=1$  の値を使用する。

$Cb1\_1 = 10n$ ,  $Cb1\_2 = 4n$ ,  $Cb1\_3 = 4n$  を設定して、回路図ファイルを出力する。

## ローパスフィルタ

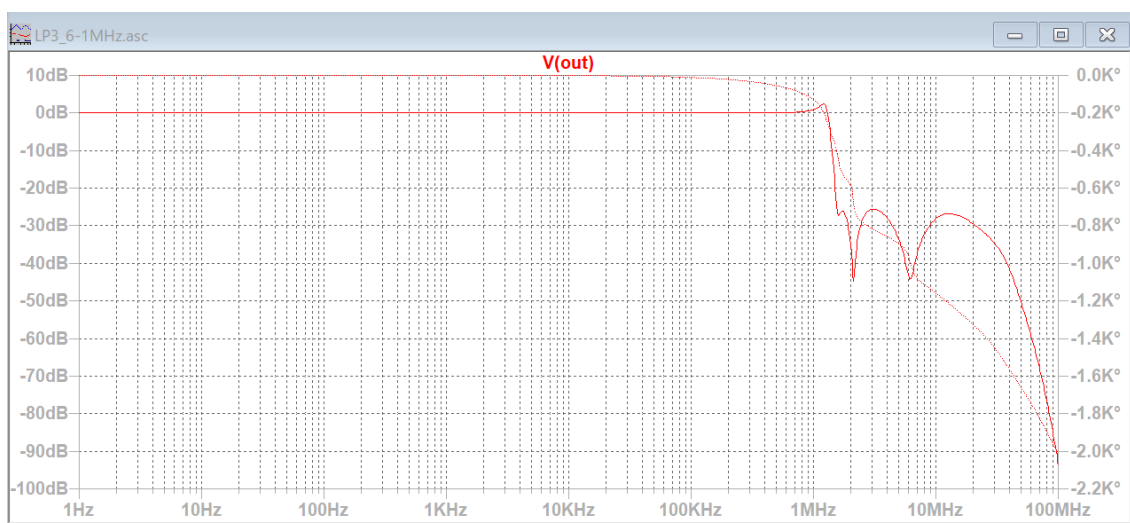
V(out)を確認する



遮断域のリプルが不揃いなので、コンデンサの値が大きすぎると思われる。

Cb1\_1 = 7n, Cb1\_2 = 1n, Cb1\_3 = 1n に設定して、回路図を出力し直す。

V(out)を確認する。

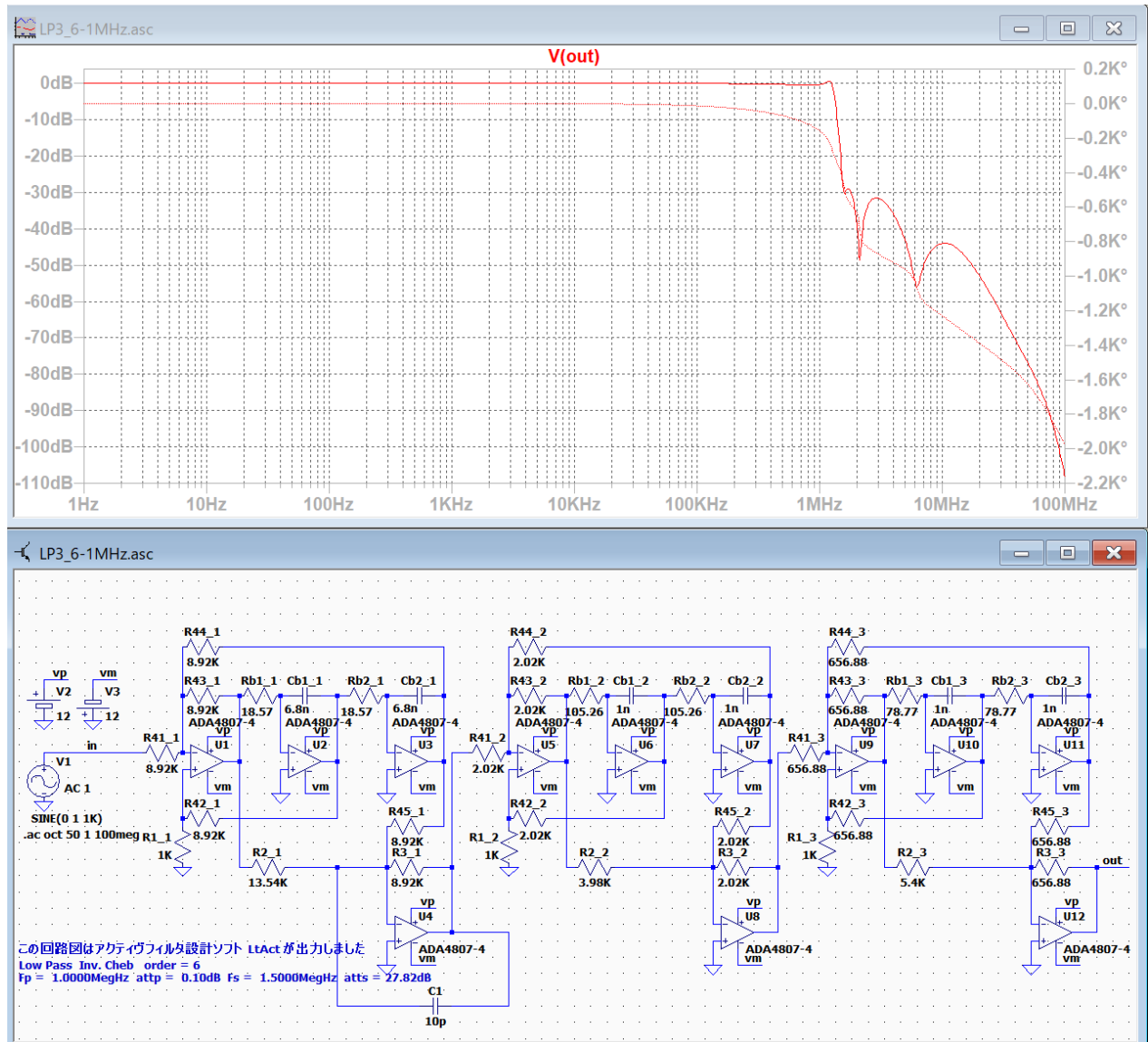


遮断域のリプルが揃った。

1MHz 付近にオーバーシュートがあるので、U4 の R3\_1 に C1=10p を並列接続する

## ローパスフィルタ

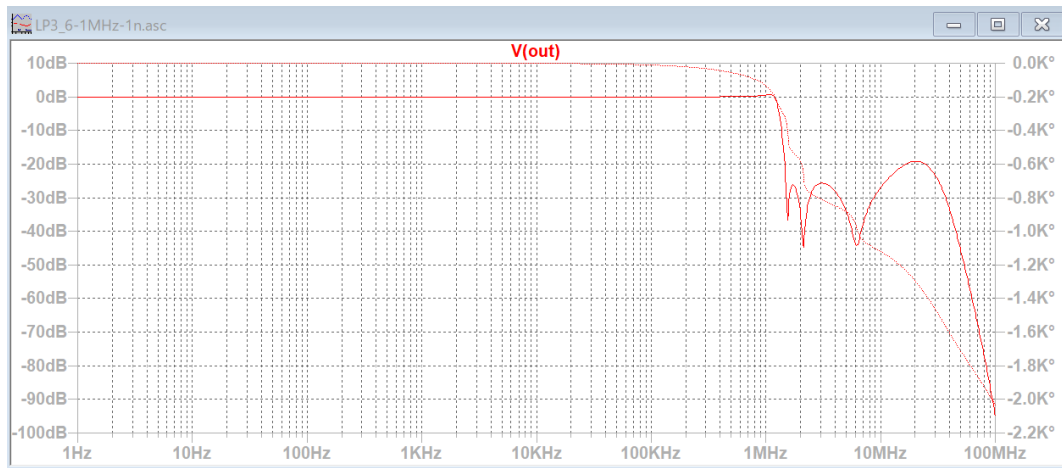
## 改善された回路図



V(out)に楕形のリップルが現れない時は、コンデンサを小さい値に設定し直します。

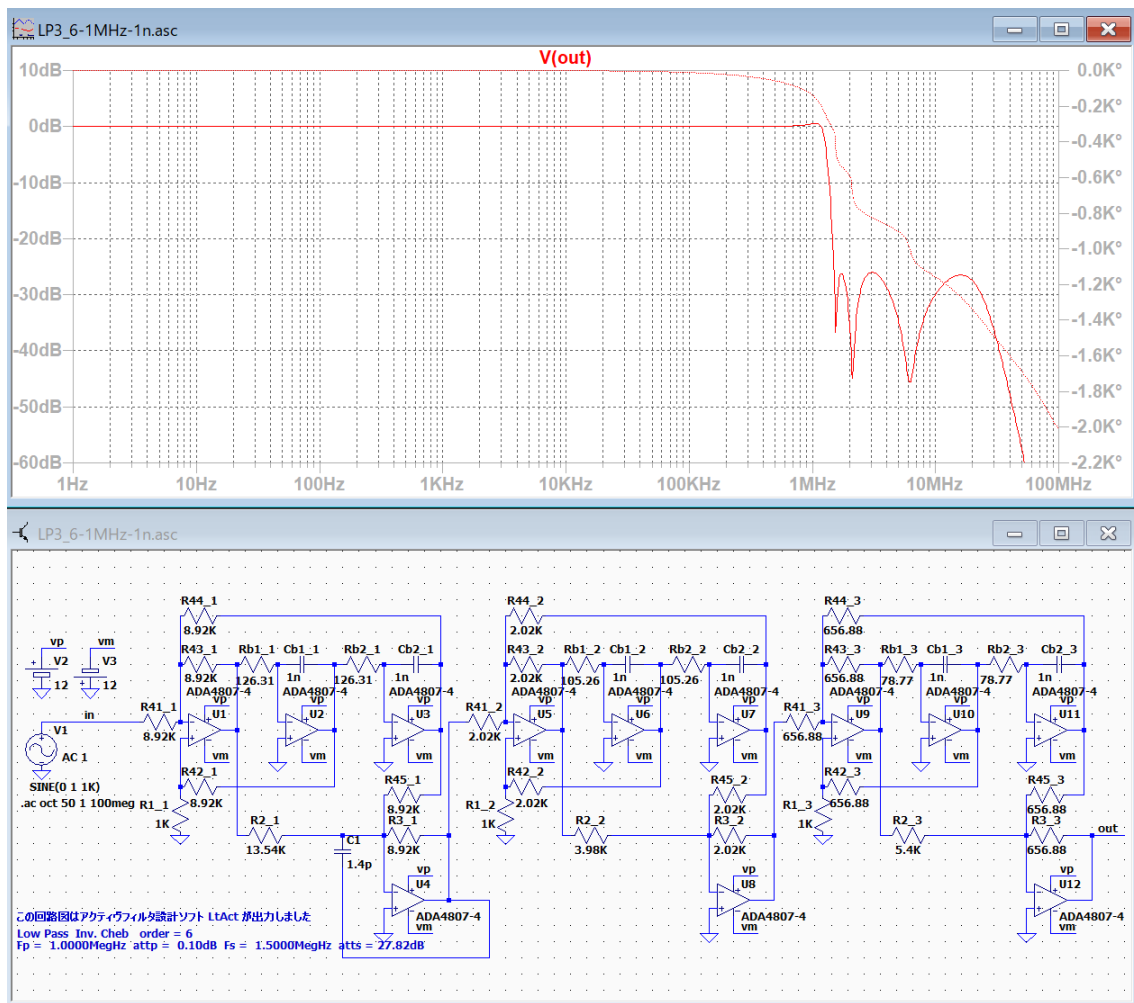
さらに、Cb1\_1 = 1n, Cb1\_2 = 1n, Cb1\_3 = 1n に設定して、回路図を出力し直します。

## ローパスフィルタ



Cb1\_1 = 1n まで小さい値に設定すると、1MHz のオーバーシュートが消えて、楕形がさらに綺麗に現れました。

## 完成した回路図



## ローパスフィルタ

## 改善された回路図

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP1-LP2 Q\LP3\_6-1MHz-7n.asc 作成日時 Fri Nov 20 10:19:09 2020

アナログ Low Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 1.5000MegHz atts = 27.82dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 18.5746 Cb\_1 (2 個) = 6.8000n 誤差 = 3.0937 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 13.5419K R3\_1 = 8.9159K R4\_1 (5 個) = 8.9159K 誤差 = 4.9537 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 105.2558 Cb\_2 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 4.5073 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 3.9847K R3\_2 = 2.0245K R4\_2 (5 個) = 2.0245K 誤差 = 2.7307 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 78.7653 Cb\_3 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 4.1068 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 5.4039K R3\_3 = 656.8787 R4\_3 (5 個) = 656.8787 誤差 = 6.1605 %

## 完成した回路図

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP3\_6-1MHz-1n.asc 作成日時 Thu Dec 03 18:52:58 2020

アナログ Low Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 1.5000MegHz atts = 27.82dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 126.3076 Cb\_1 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 2.9233 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 13.5419K R3\_1 = 8.9159K R4\_1 (5 個) = 8.9159K 誤差 = 4.9537 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 105.2558 Cb\_2 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 4.5073 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 3.9847K R3\_2 = 2.0245K R4\_2 (5 個) = 2.0245K 誤差 = 2.7307 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 78.7653 Cb\_3 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 4.1068 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 5.4039K R3\_3 = 656.8787 R4\_3 (5 個) = 656.8787 誤差 = 6.1605 %

ローパスフィルタ

LP4\_6-1MHz.asc

ローパス・逆チェビシェフ 6次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ

遮断特性 Inv. Cheb

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  6

カットオフ周波数  $F_c$  1 Meg

周波数 $F_c$ における減衰量又はリプル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を $F_s$ として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍

OK Cancel

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Low Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 1.5000MegHz atts = 27.82dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	2.3953Meg	62.6817T	0.6584	0	62.6817T	3.3053
2	9.4235Meg	90.2626T	0.5081	0	90.2626T	1.0082
3	22.9877Meg	161.1870T	0.1216	0	161.1870T	0.5523

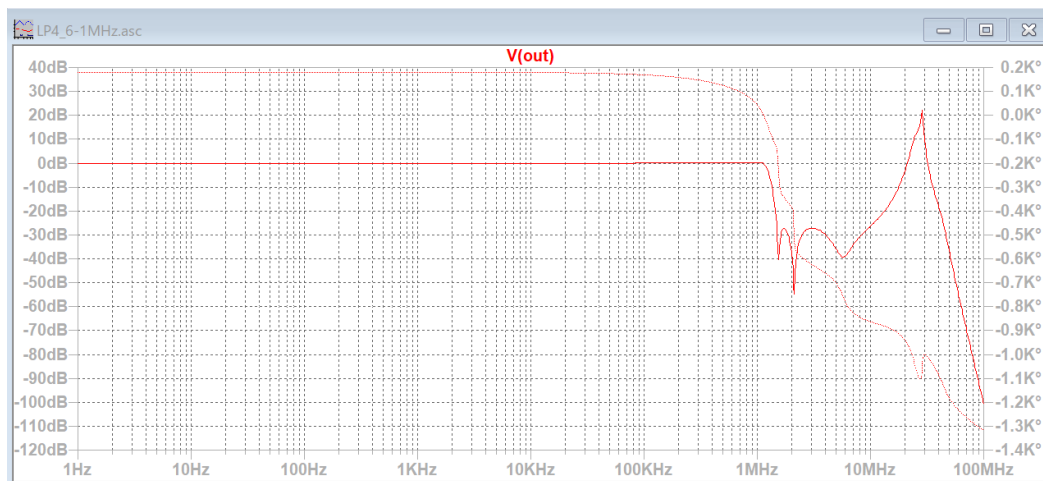
「まとめ LP4 の Cb1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

Cb1\_1 = 1n, Cb1\_2=0.2n, Cb1\_3=0.2n を設定して、回路図ファイルを出力する。

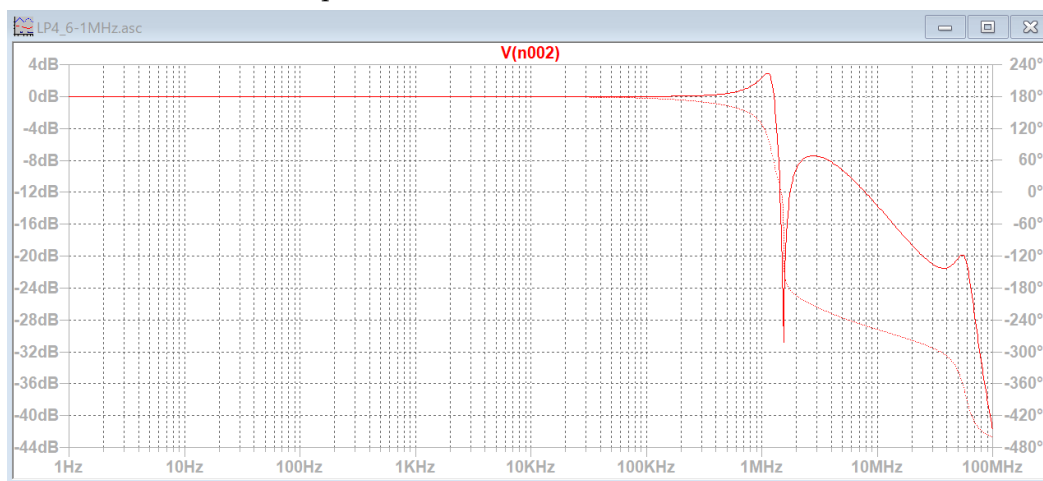


## ローパスフィルタ

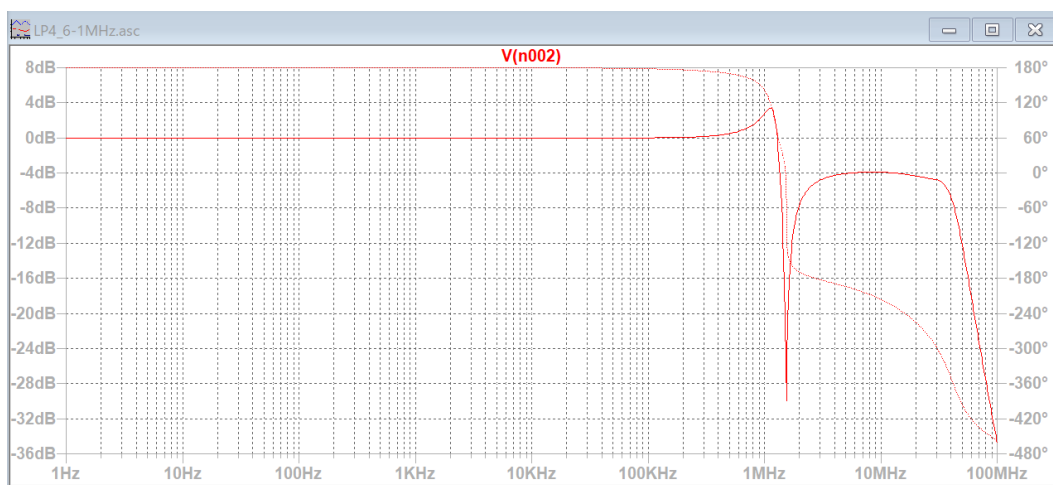
V(out)を確認する



30MHz 付近にオーバーシュートがあるので、R4\_1 に C1 を並列に接続して、3MHz のローパスフィルタを作ってオーバーシュートを消す。 $1/(2\pi \cdot 30 \text{ meg} \cdot 9.71 \text{ k}) \cdot 10 = 5\text{p}$   
 U2 の出力を確認する 5p では効きすぎる



遮断域のリプルが水平になる値を探して 0.8p を接続した。

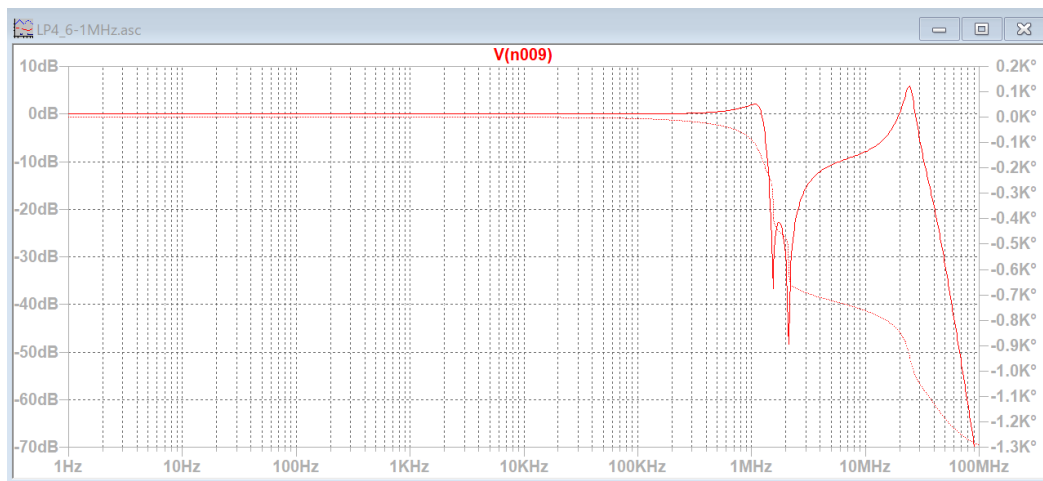


逆チェビシェフ

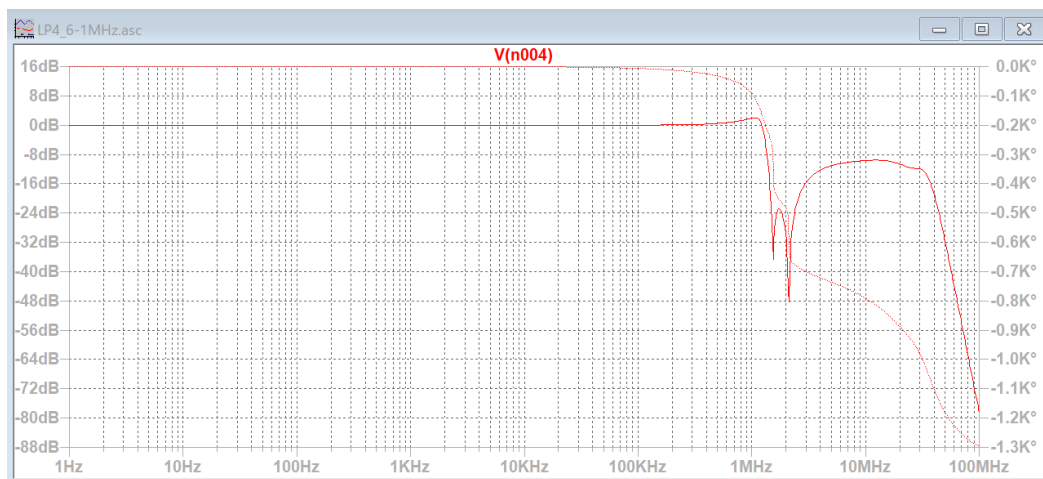
LP4\_6-1MHz.asc

## ローパスフィルタ

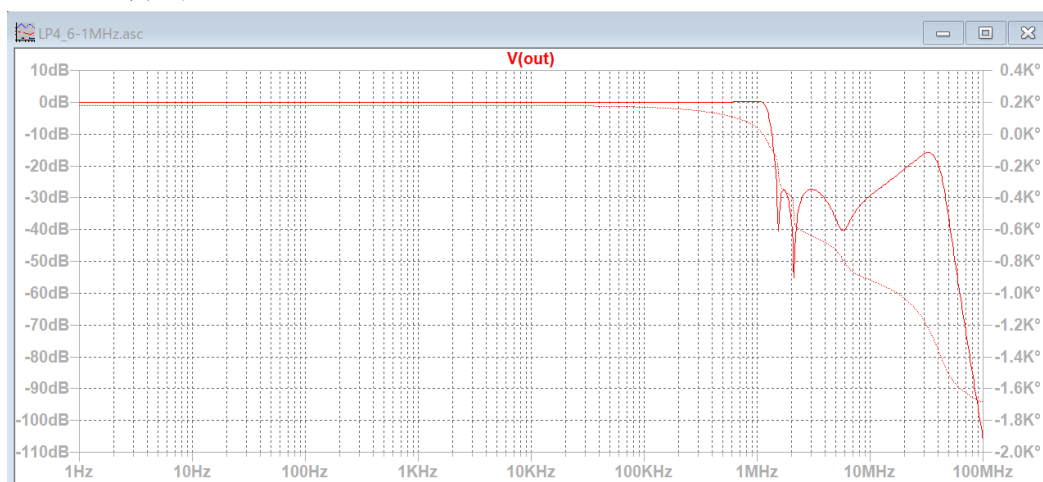
U4 の出力を確認する



25MHz 付近にオーバシュートがあるので、R4\_2 に C2 を並列に接続して、25MHz のローパスフィルタを作ってオーバシュートを消す。 $1/(2\pi \cdot 25 \text{ meg} \cdot 12.69 \text{ k}) = 0.5\text{p}$  遮断域のリプルが水平になる値を探して 0.6p を接続した。



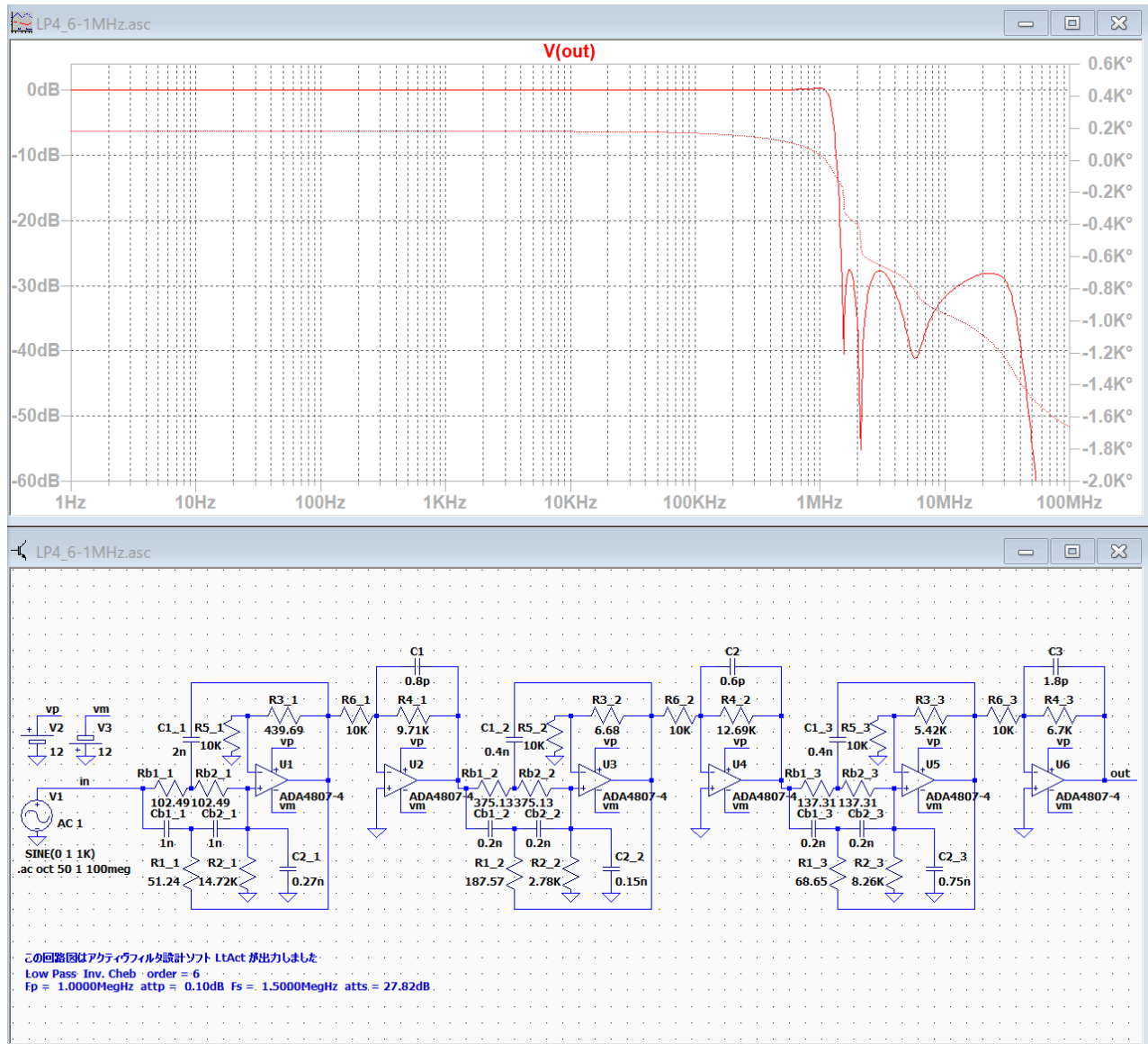
V(out)を確認する



## ローパスフィルタ

30MHz 付近にオーバシュートがあるので、R4\_3 に C3 を並列に接続して、30MHz のローパスフィルタを作ってオーバシュートを消す。 $1/(2\pi \cdot 30 \text{ meg} \cdot 6.7 \text{ k}) = 0.8\text{p}$   
遮断域のリプルが水平になる値を探して 1.8p を接続した。

## 完成した回路図



ローパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test \LP4\_6-1MHz.asc 作成日時 Mon Nov 23 06:19:41 2020

フィルタタイプ Low Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 1.5000MegHz atts = 27.82dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 102.4879 Cb\_1 (2 個) = 1.0000n R1\_1 = 51.2440 C1\_1  
= 2.0000n 誤差 = 2.4738 %

1 R2\_1 = 14.7168K C2\_1 = 0.2700n 誤差 = 1.9240 %

1 R3\_1 = 439.6881 R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.2034 %

1 R4\_1 = 9.7122K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.9628 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 375.1318 Cb\_2 (2 個) = 0.2000n R1\_2 = 187.5659 C1\_2  
= 0.4000n 誤差 = 6.1830 %

2 R2\_2 = 2.7766K C2\_2 = 0.1500n 誤差 = 2.7587 %

2 R3\_2 = 6.6845 R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.7285 %

2 R4\_2 = 12.6936K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 2.4137 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 137.3078 Cb\_3 (2 個) = 0.2000n R1\_3 = 68.6539 C1\_3  
= 0.4000n 誤差 = 5.9567 %

3 R2\_3 = 8.2627K C2\_3 = 0.7500n 誤差 = 0.7594 %

3 R3\_3 = 5.4184K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 3.3510 %

3 R4\_3 = 6.7013K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 1.4728 %

ローパスフィルタ

LP3\_6-4MHz.asc

ローパス・逆チェビシェフ 6次 4MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ローパスフィルタ	遮断特性	Inv. Cheb
設計するフィルタの次数 $m(<=58)$	3		
カットオフ周波数 $F_c$	4	Meg	
周波数 $F_c$ における減衰量又はリプル $attp$	0.1	dB	OK
最低減衰量に達する周波数を $F_s$ として、 $X_s = F_s/F_c$	1.5	倍	キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Low Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 4.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 6.0000MegHz atts = 27.82dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

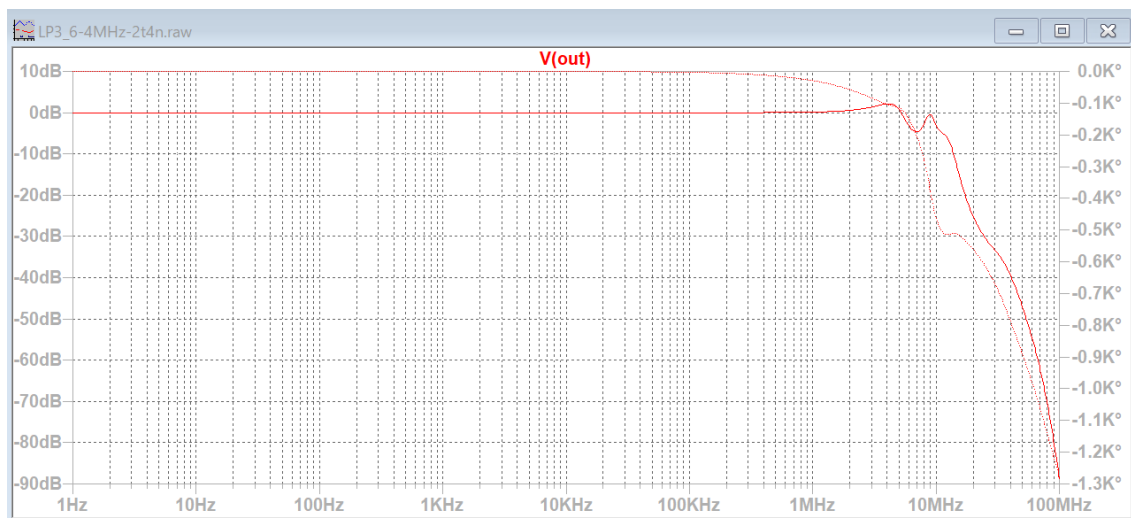
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	9.5812Meg	1002.9079T	0.6584	0	1002.9079T	Q=	3.3053
2	37.6942Meg	1444.2010T	0.5081	0	1444.2010T	Q=	1.0082
3	91.9508Meg	2578.9927T	0.1216	0	2578.9927T	Q=	0.5523

「まとめ LP3 の Cb1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

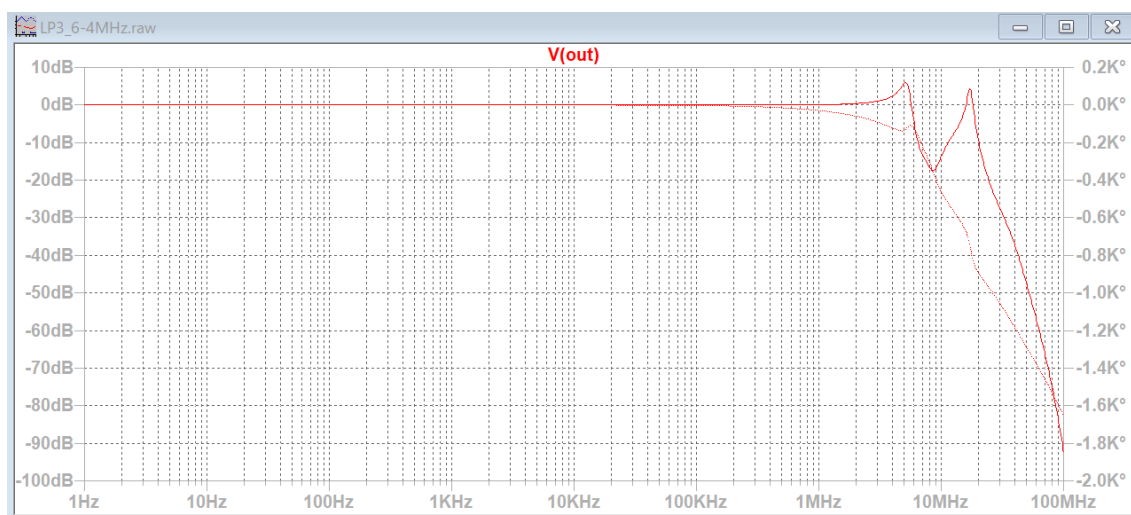
Cb1\_1 = 2.5n, Cb1\_2=1n, Cb1\_3=1n を設定して、回路図ファイルを出力する。

## ローパスフィルタ

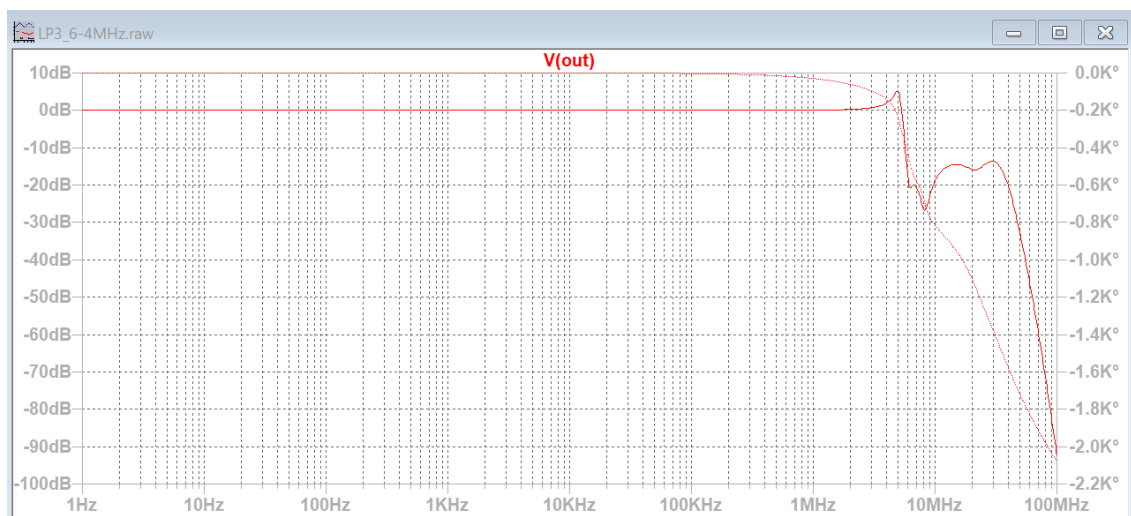
V(out)を確認する



C の値が大きい！ Cb1\_1 = 1n, Cb1\_2=0.4n, Cb1\_3=0.4n に変更して、確認する



C の値が大きい！ Cb1\_1 = 30p, Cb1\_2=20p, Cb1\_3=20p に変更して、確認する

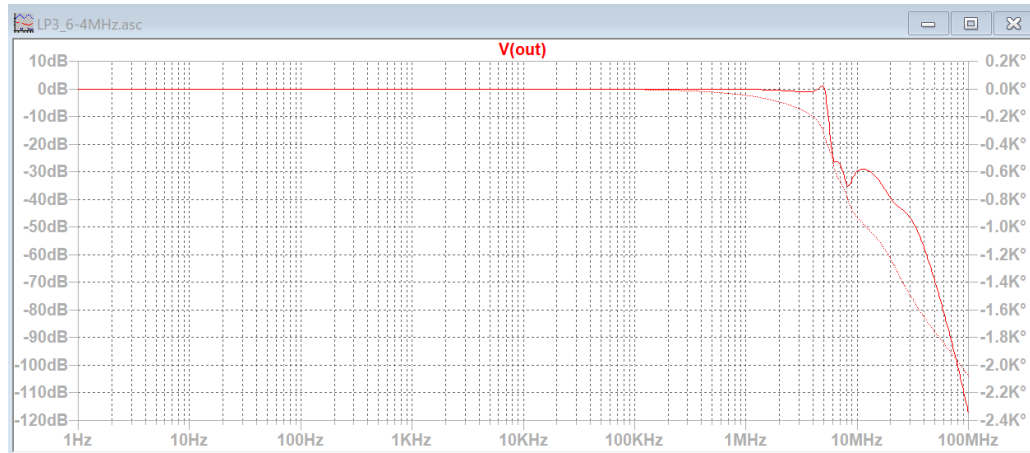


逆チェビシェフ

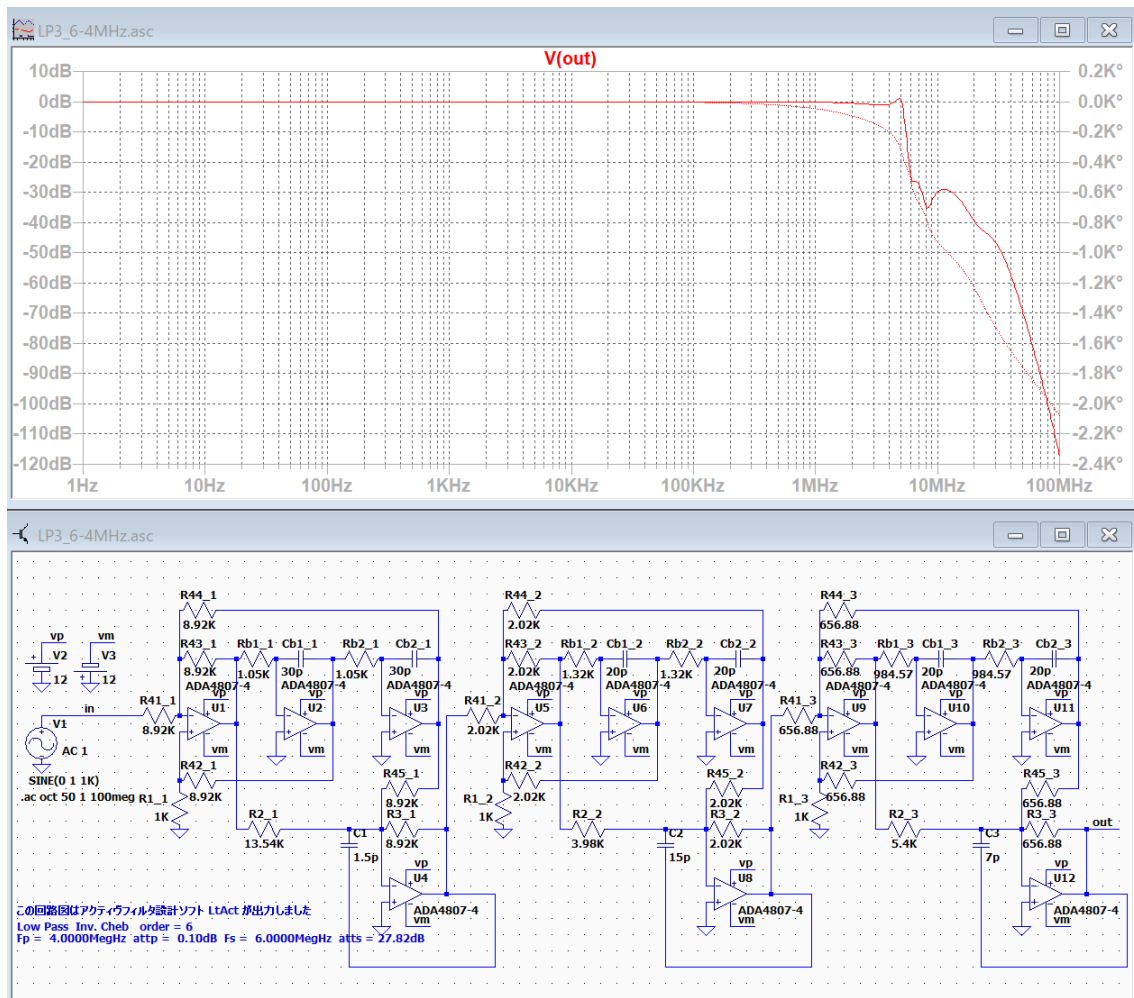
LP3\_6-4MHz.asc

## ローパスフィルタ

U4, U8, U12 の R3\_?に C1, C2, C3 を並列接続して調整する



完成した回路図



## ローパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test \LP3\_6-4MHz.asc 作成日時 Sun Nov 22 19:58:44 2020

アナログ Low Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 4.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 6.0000MegHz atts = 27.82dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 1.0526K Cb\_1 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 4.5068 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 13.5419K R3\_1 = 8.9159K R4\_1 (5 個) =

8.9159K 誤差 = 4.9537 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 1.3157K Cb\_2 (2 個) = 20.0000p 誤差 = 1.1931 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 3.9847K R3\_2 = 2.0245K R4\_2 (5 個) =

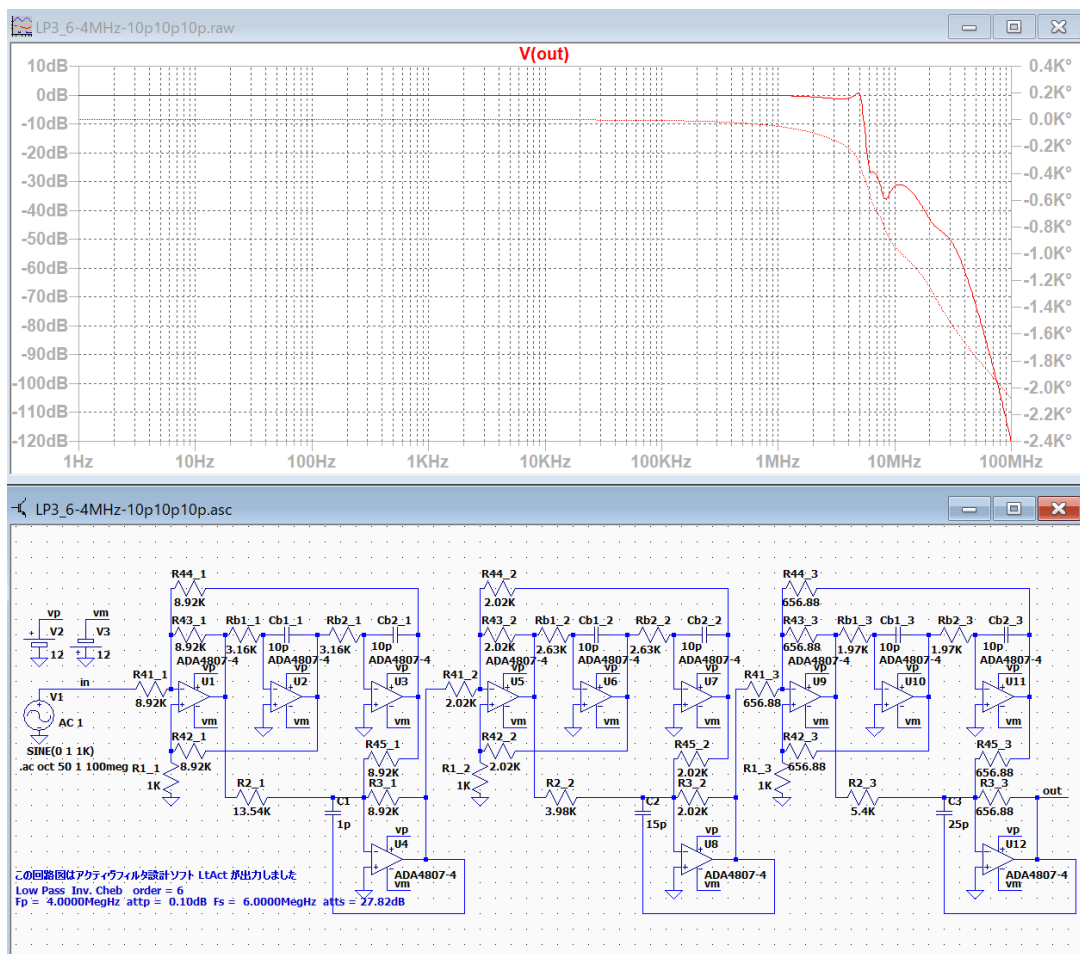
2.0245K 誤差 = 2.7307 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 984.5663 Cb\_3 (2 個) = 20.0000p 誤差 = 1.5676 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 5.4039K R3\_3 = 656.8787 R4\_3 (5 個) = 656.8787

誤差 = 6.1605 %

単純に、Cb1\_1=10p, Cb1\_2=10p, Cb1\_3=10p でも、設計の特性が得られました





ローパスフィルタ

LP4\_6-4MHz.asc

ローパス・逆チェビシェフ 6次 4MHz

設計パラメータの入力 ×

フィルタの種類	ローパスフィルタ	遮断特性	Inv. Cheb
設計するフィルタの次数 m(<=58)	<input type="text" value="3"/>		
カットオフ周波数 Fc	<input type="text" value="4"/>		<input type="text" value="Meg"/>
周波数Fcにおける減衰量又はリプル attp	<input type="text" value="0.1"/>		<input type="text" value="dB"/>
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fs/Fc	<input type="text" value="1.5"/>		<input type="text" value="倍"/>

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Low Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 4.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 6.0000MegHz atts = 27.82dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

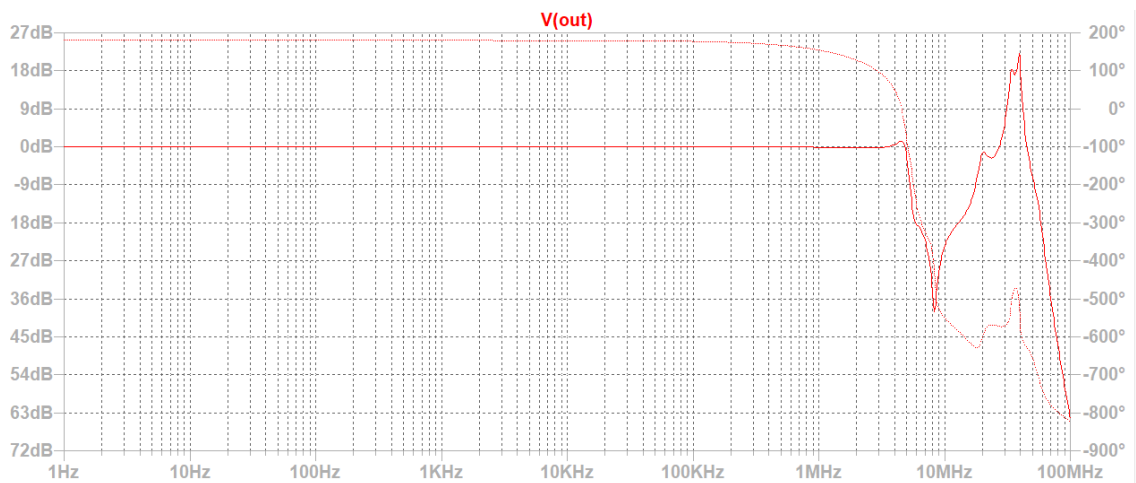
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	9.5812Meg	1002.9079T	0.6584	0	1002.9079T	Q=	3.3053
2	37.6942Meg	1444.2010T	0.5081	0	1444.2010T	Q=	1.0082
3	91.9508Meg	2578.9927T	0.1216	0	2578.9927T	Q=	0.5523

「まとめ LP4 の Cb1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

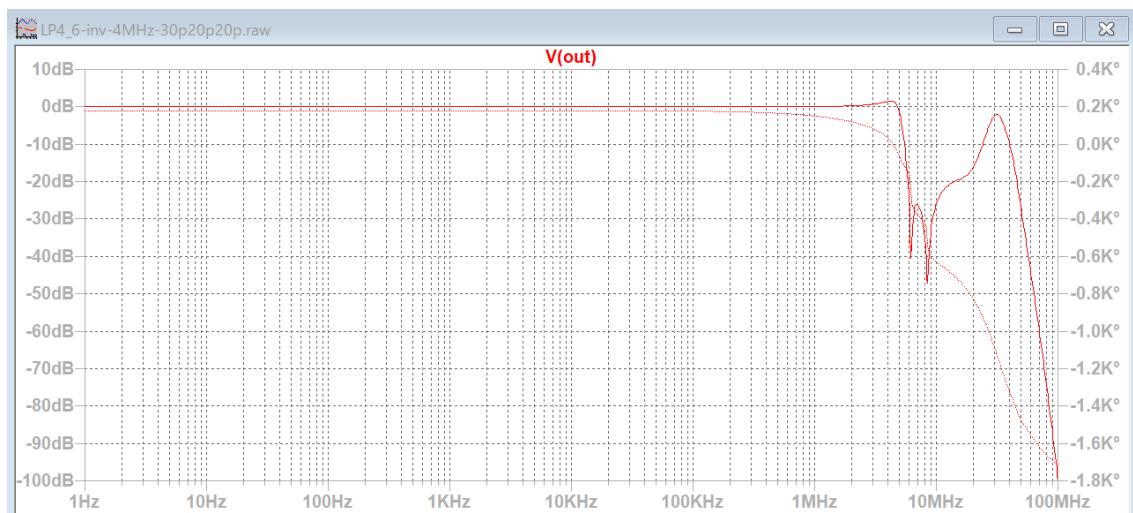
Cb1\_1 = 1n, Cb1\_2=0.1n, Cb1\_3=0.1n を設定して、回路図ファイルを出力する。

## ローパスフィルタ

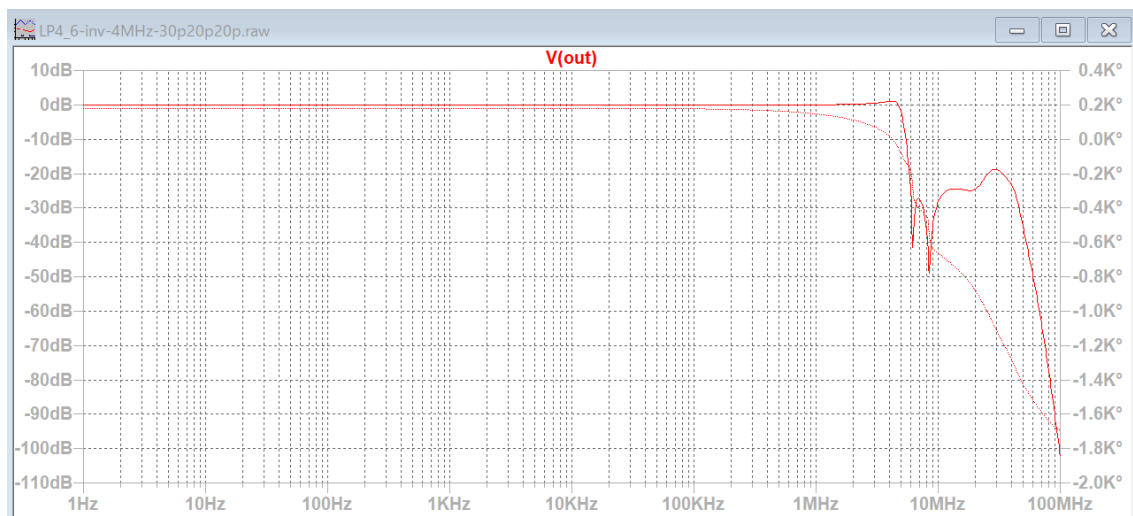
V(out)を確認する



C の値が大きい！ Cb1\_1 = 30p, Cb1\_2=20p, Cb1\_3=20p に変更して、確認する

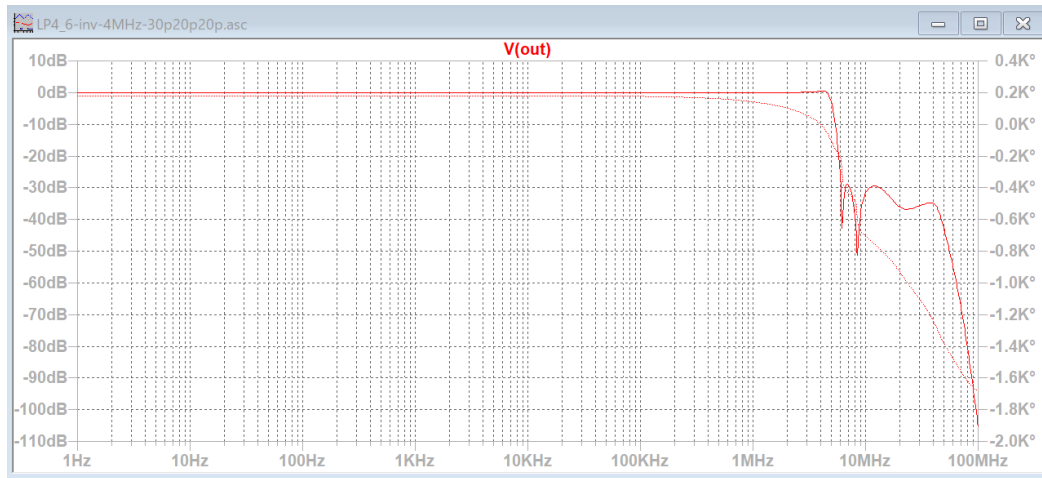


U2 の R4\_1 に C1=1p を並列接続する。



## ローパスフィルタ

U4 の R4\_2 に C1=1.1p を並列接続する。



完成した回路図



## ローパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test ¥LP4\_6-4MHz.asc 作成日時 Sun Nov 22 20:24:13 2020

アナログ Low Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 4.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 6.0000MegHz atts = 27.82dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 854.0659 Cb\_1 (2 個) = 30.0000p R1\_1 = 427.0330 C1\_1  
= 60.0000p 誤差 = 5.2444 %

1 R2\_1 = 93.2525K C2\_1 = 8.2000p 誤差 = 2.4155 %

1 R3\_1 = 463.2365 R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 1.4600 %

1 R4\_1 = 9.7323K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.7503 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 937.8295 Cb\_2 (2 個) = 20.0000p R1\_2 = 468.9147 C1\_2  
= 40.0000p 誤差 = 3.8871 %

2 R2\_2 = 6.9415K C2\_2 = 15.0000p 誤差 = 2.0384 %

2 R3\_2 = 6.6845 R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.7285 %

2 R4\_2 = 12.6936K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 2.4137 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 343.2694 Cb\_3 (2 個) = 20.0000p R1\_3 = 171.6347 C1\_3  
= 40.0000p 誤差 = 6.7043 %

3 R2\_3 = 20.6569K C2\_3 = 75.0000p 誤差 = 3.1799 %

3 R3\_3 = 5.4184K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 3.3510 %

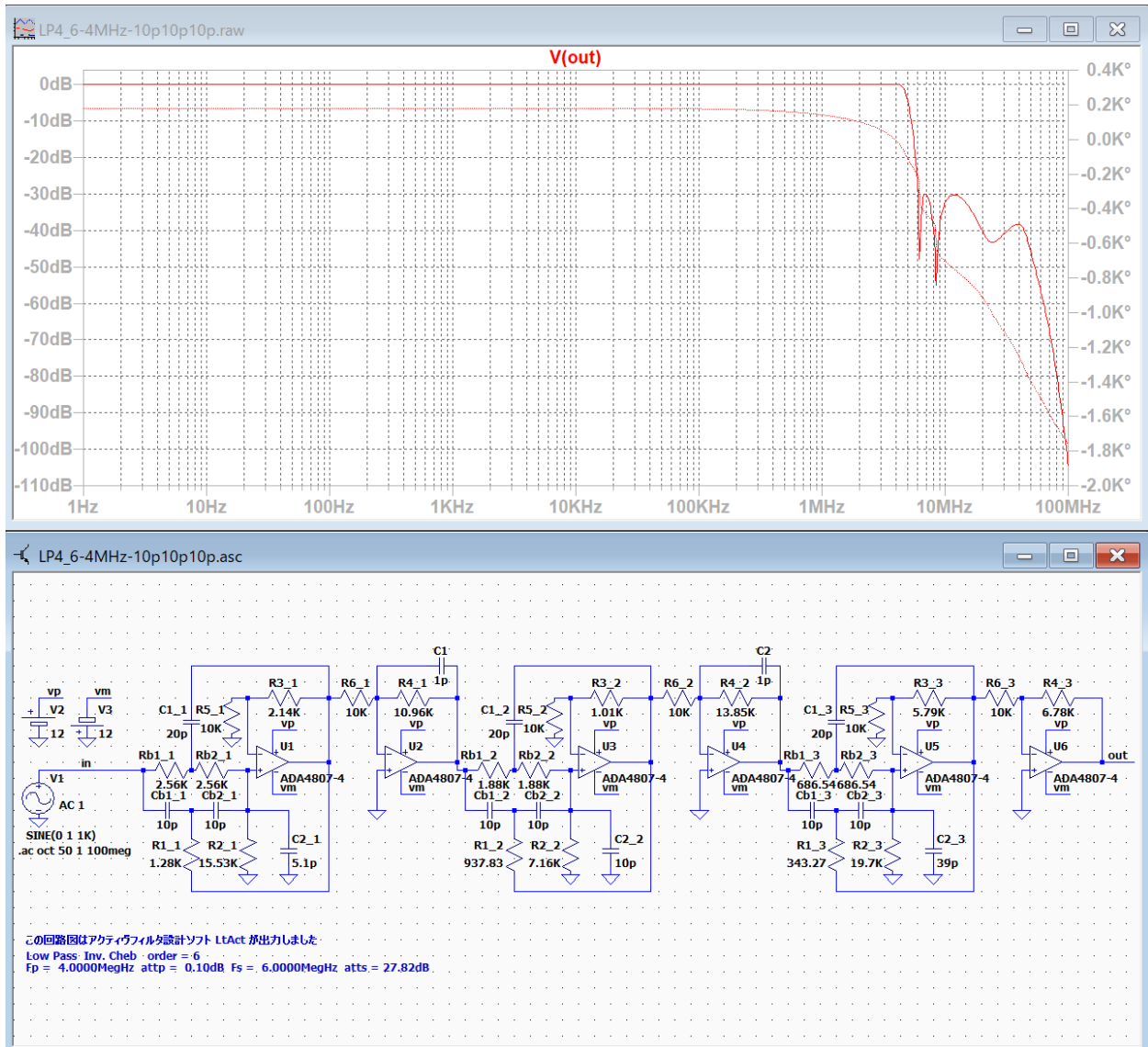
3 R4\_3 = 6.7013K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 1.4728 %

回路構成が複雑な LP3\_6-4MHz.asc は Cb1\_1 = 30p, Cb1\_2=20p, Cb1\_3=20p では、  
カットオフ周波数付近でリプルが発生しましたが、  
Cb1\_1=10p, Cb1\_2=10p, Cb1\_3=10p に小さくすると滑らかになりました。

回路構成が単純な LP4\_6-4MHz.asc は Cb1\_1 = 30p, Cb1\_2=20p, Cb1\_3=20p でも、カッ  
トオフ周波数付近の特性が滑らかです。

## ローパスフィルタ

単純に、Cb1\_1=10p, Cb1\_2=10p, Cb1\_3=10p でも、設計の特性が得られました。



## ローパスフィルタ

## 楕円関数

LP3\_6-1Hz-10u.asc

ローパス・楕円関数 6次 1Hz

## 設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  6

カットオフ周波数  $F_c$  1 Hz

周波数  $F_c$  における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_s/F_c$  1.1 倍

遮断特性 Elliptic

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Low Pass Elliptic 次数=6

 $F_p = 1.0000 \text{ Hz}$   $attp = 0.1000 \text{ dB}$   $F_s = 1.1000 \text{ Hz}$   $atts = 29.69 \text{ dB}$ 

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

 $H_n = \text{-----}$ 

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	0.4645	41.5990	0.3201	0	111.5250	Q= 13.8854
2	2.4435	37.2424	0.3201	0	21.6580	Q= 2.4975
3	7.5369	24.7772	0.3201	0	15.7103	Q= 0.6604

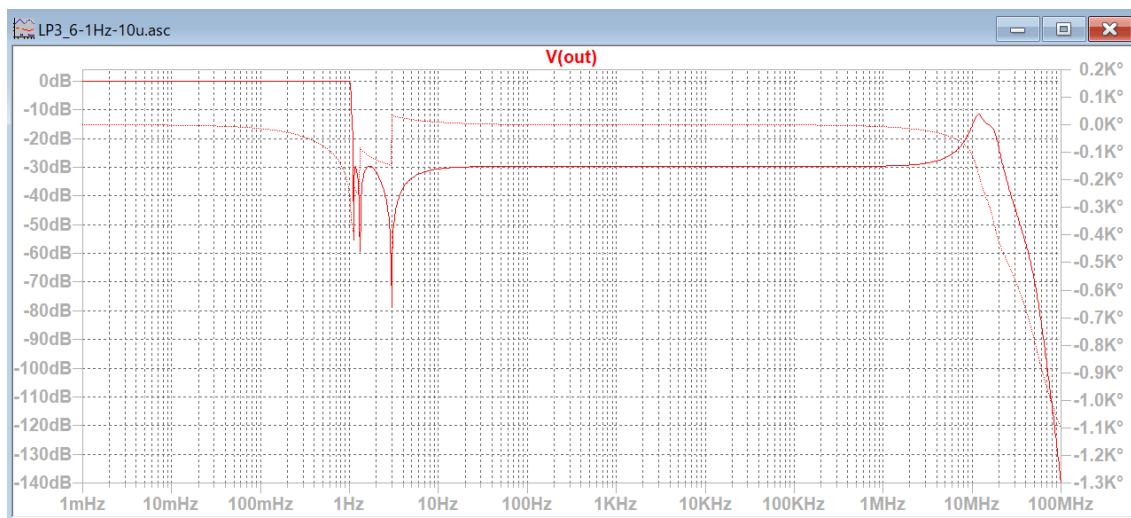
「まとめ LP3 の Cb1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

取り敢えず、1KHz の時の推奨値を使って特性を確認して、問題があれば調整する。

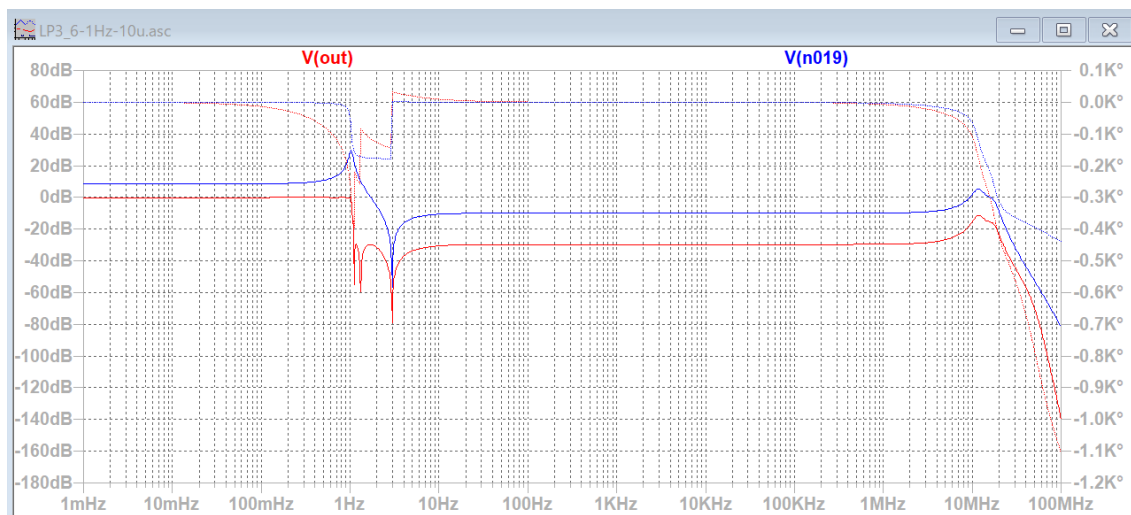
Cb1\_1 = 10u, Cb1\_2=8.2u, Cb1\_3=3u を設定して、回路図ファイルを出力する。

## ローパスフィルタ

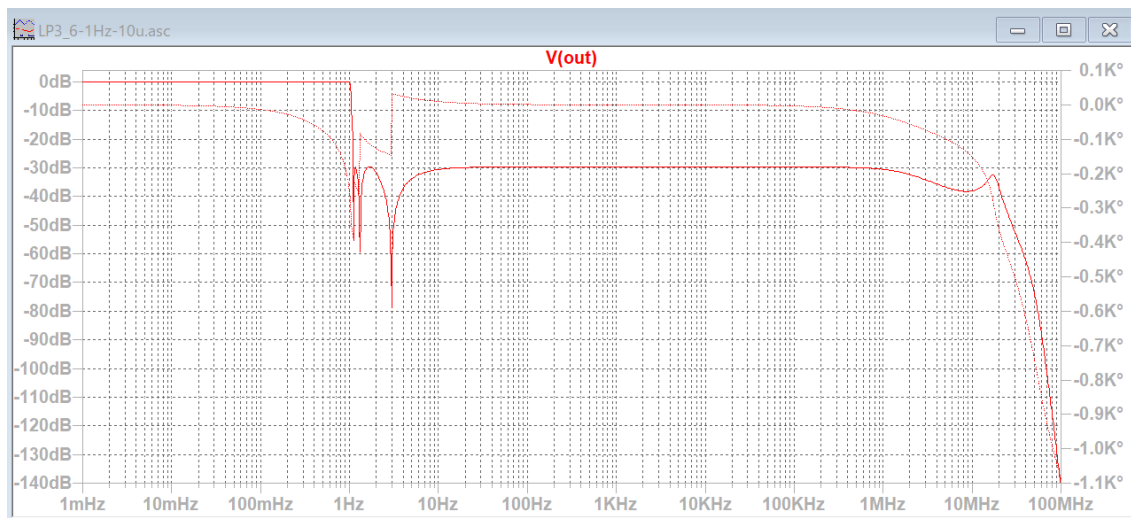
V(out)を確認する



1MHz 付近にオーバシュートがあるので、U4 の出力を確認する



オーバシュートは第 1 ブロックで発生しているので、R3\_1 に C1=0.7p を並列接続する。

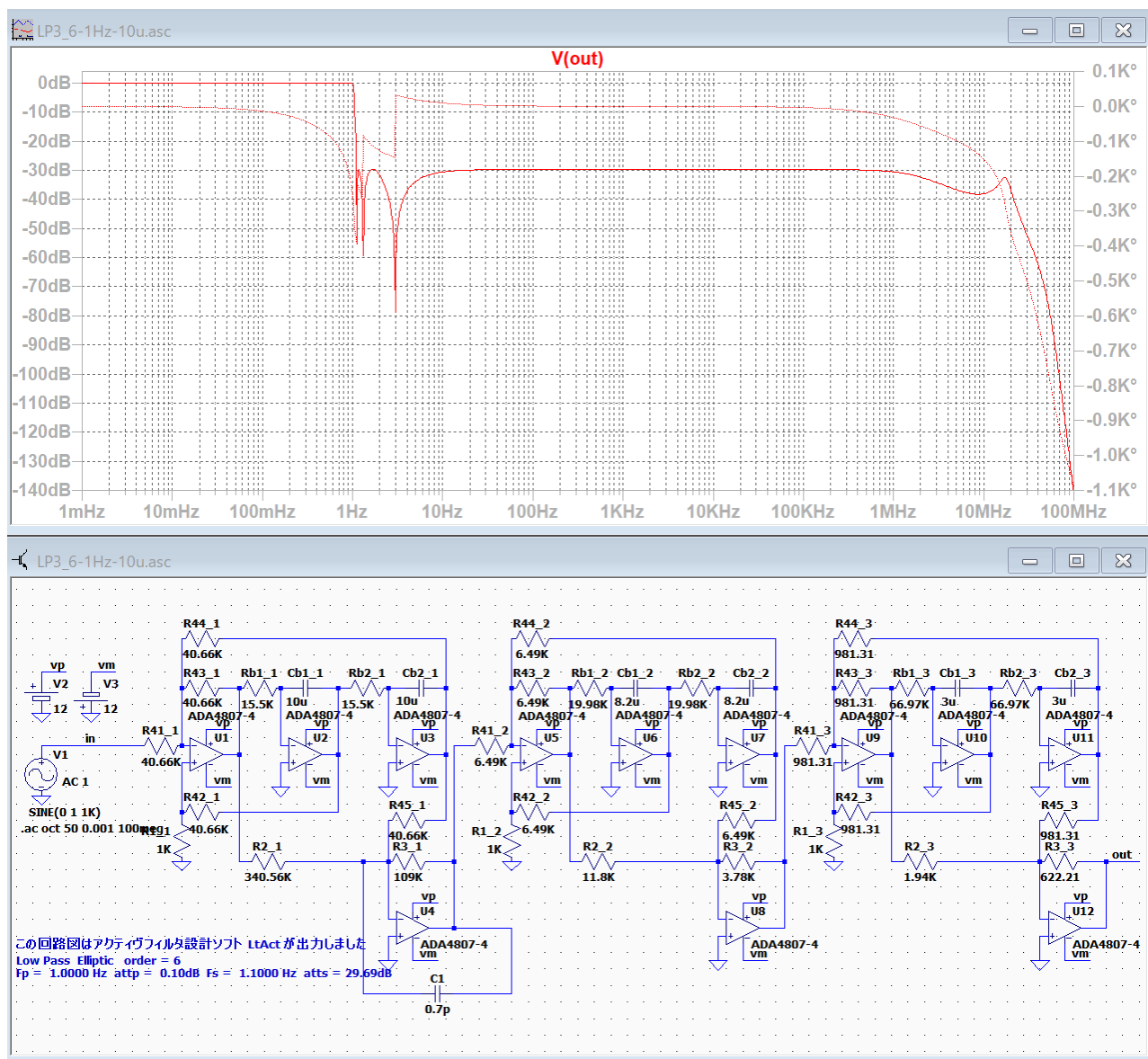


## ローパスフィルタ

最低減衰量が設計値の-29.69dB を満足している。

## 完成した回路図

LP3\_6-1Hz-10u.asc





## ローパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP3\_6-1Hz-10u.asc 作成日時 Sun Nov 22 15:34:24 2020

アナログ Low Pass Elliptic 次数=6

Fp = 1.0000 Hz attp = 0.1000dB Fs = 1.1000 Hz atts = 29.69dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 15.5045K Cb\_1 (2 個) = 10.0000u 誤差 = 3.1956 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 340.5561K R3\_1 = 108.9971K R4\_1 (5 個) = 40.6561K  
誤差 = 5.2006 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 19.9833K Cb\_2 (2 個) = 8.2000u 誤差 = 0.0836 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 11.7967K R3\_2 = 3.7756K R4\_2 (5 個) = 6.4924K  
誤差 = 5.8405 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 66.9657K Cb\_3 (2 個) = 3.0000u 誤差 = 1.5445 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 1.9441K R3\_3 = 622.2100 R4\_3 (5 個) = 981.3105  
誤差 = 3.4687 %

Cb1\_1=3.3u, Cb1\_2=1.8u, Cb1\_3=1u に設定すると、高周波数の遮断特性を改善できます。



ローパスフィルタ

LP3\_10-100KHz.asc

ローパス・楕円関数 10 次 100KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ

遮断特性 Elliptic

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  10

カットオフ周波数  $F_c$  100 KHz

周波数  $F_c$  における減衰量又はリップル  $att_p$  0.1 dB OK

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_s/F_c$  1.5 倍 キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Low Pass Elliptic 次数=10

 $F_p = 100.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.0100\text{dB}$   $F_s = 150.0000\text{KHz}$   $atts = 105.15\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

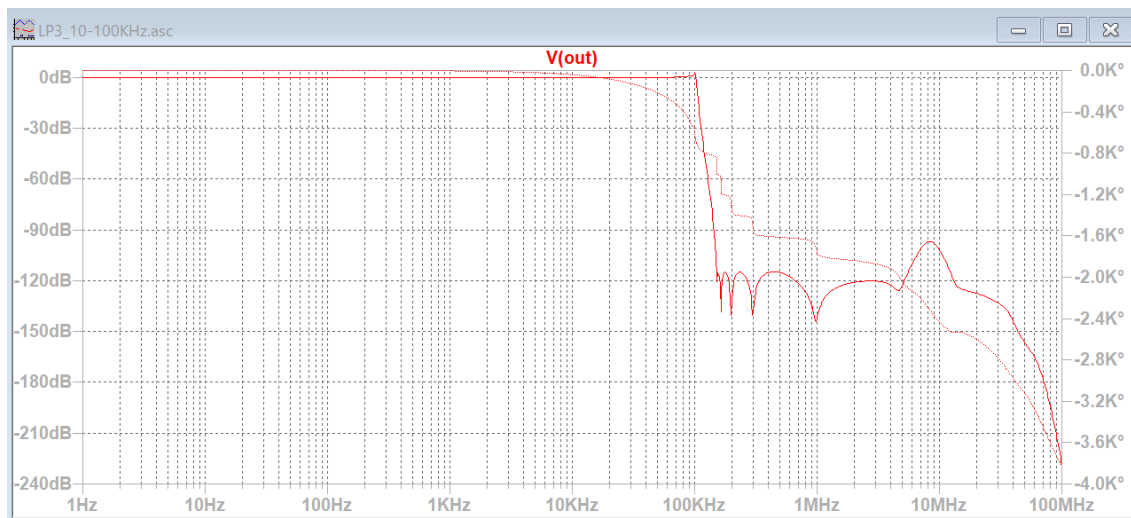
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	52.5602K	429.5562G	88.8099m	0	2.4469T	Q=	12.4696
2	167.1609K	382.1624G	88.8099m	0	306.8082G	Q=	3.6982
3	303.2623K	291.0634G	88.8099m	0	137.6853G	Q=	1.7790
4	448.1206K	177.2753G	88.8099m	0	94.0554G	Q=	0.9396
5	550.4343K	92.3263G	88.8099m	0	80.3466G	Q=	0.5520

「まとめ LP3 の Cb1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。 $Q < 1$  のブロックは  $Q=1$  の値を使用する。

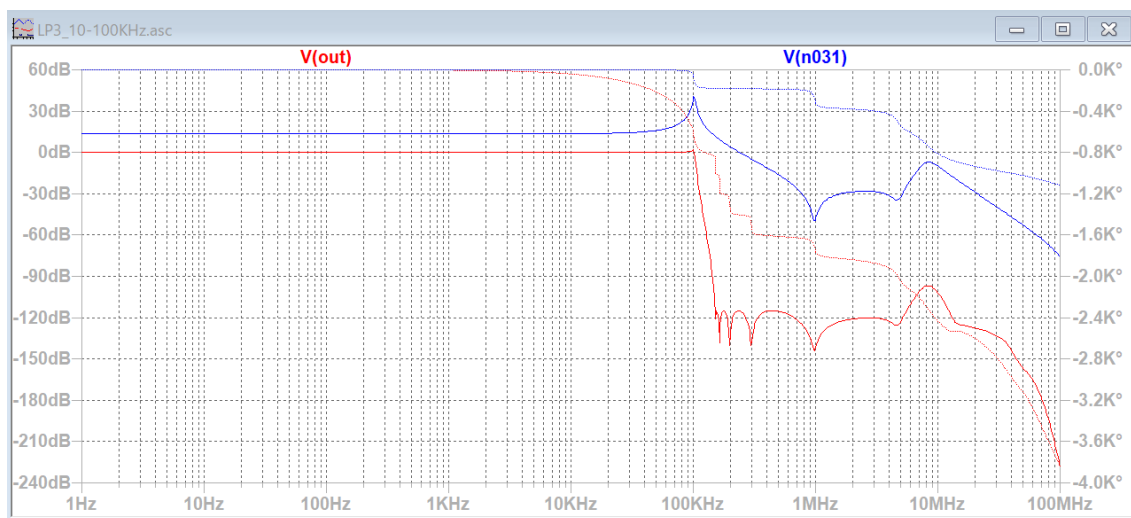
$Cb1\_1 = 120\text{n}$ ,  $Cb1\_2 = Cb1\_3 = 90\text{n}$ ,  $Cb1\_4 = Cb1\_5 = 40\text{n}$  を設定して、回路図ファイルを出力する。

## ローパスフィルタ

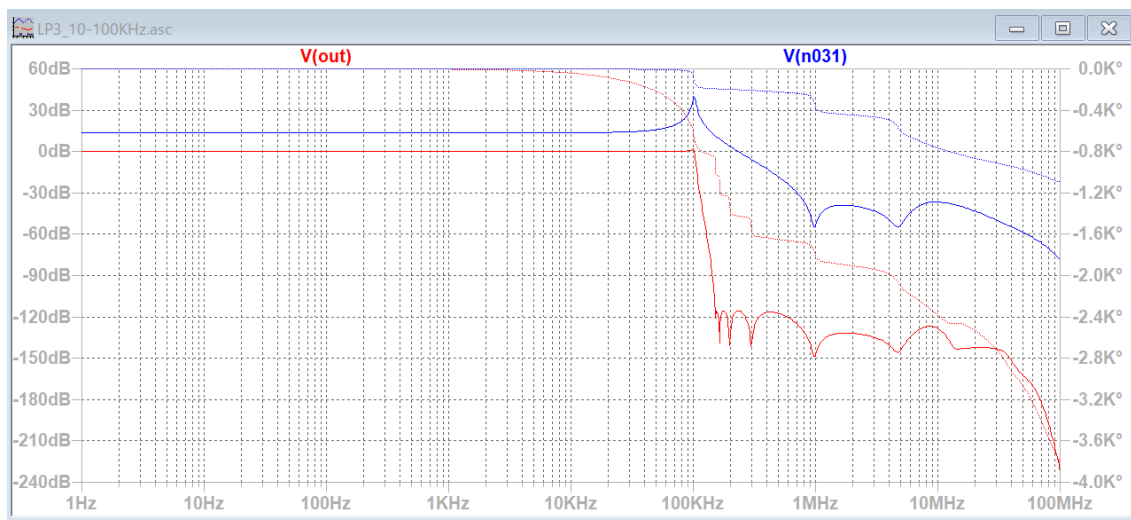
V(out)を確認する



8MHz にオーバーシュートがあるので、U4 の出力を確認する

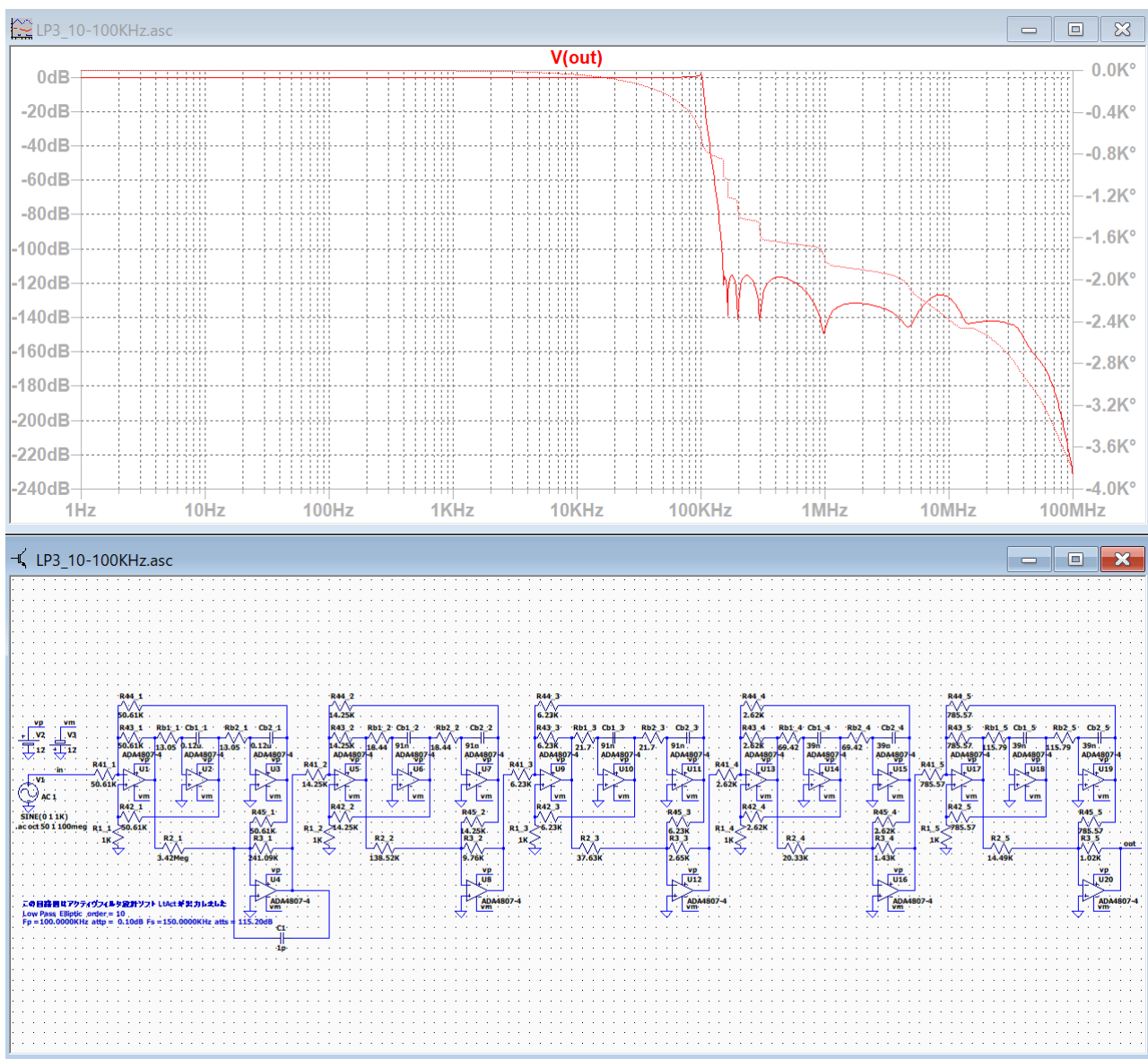


オーバーシュートは第 1 ブロックで発生しているので、R3\_1 に C1=1p を並列接続する。



## ローパスフィルタ

## 完成した回路図



## ローパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP3\_10-100KHz.asc 作成日時 Sun Nov 22 16:36:07  
2020

アナログ Low Pass Elliptic 次数=10

Fp=100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs =150.0000KHz atts = 115.20dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 13.0528 Cb\_1 (2 個) = 0.1200u 誤差 = 0.4043 %  
 1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 3.4211Meg R3\_1 = 241.0908K R4\_1 (5 個) =  
 50.6104K 誤差 = 3.6517 %  
 2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 18.4361 Cb\_2 (2 個) = 91.0000n 誤差 = 2.3653 %  
 2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 138.5184K R3\_2 = 9.7615K R4\_2 (5 個) =  
 14.2457K 誤差 = 8.4750 %  
 3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 21.6958 Cb\_3 (2 個) = 91.0000n 誤差 = 1.4023 %  
 3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 37.6266K R3\_3 = 2.6516K R4\_3 (5 個) =  
 6.2264K 誤差 = 4.1034 %  
 4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 69.4153 Cb\_4 (2 個) = 39.0000n 誤差 = 2.0389 %  
 4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 20.3294K R3\_4 = 1.4326K R4\_4 (5 個) =  
 2.6192K 誤差 = 5.8537 %  
 5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 115.7893 Cb\_5 (2 個) = 39.0000n 誤差 = 3.6365 %  
 5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 14.4929K R3\_5 = 1.0213K R4\_5 (5 個) = 785.5691  
 誤差 = 5.9844 %

ローパスフィルタ

LP3\_6-100KHz.asc

ローパス・楕円関数 6次 100KHz

設計パラメータの入力

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Low Pass Elliptic 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs=120.0000KHz atts = 39.63dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$$Hn = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$$

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

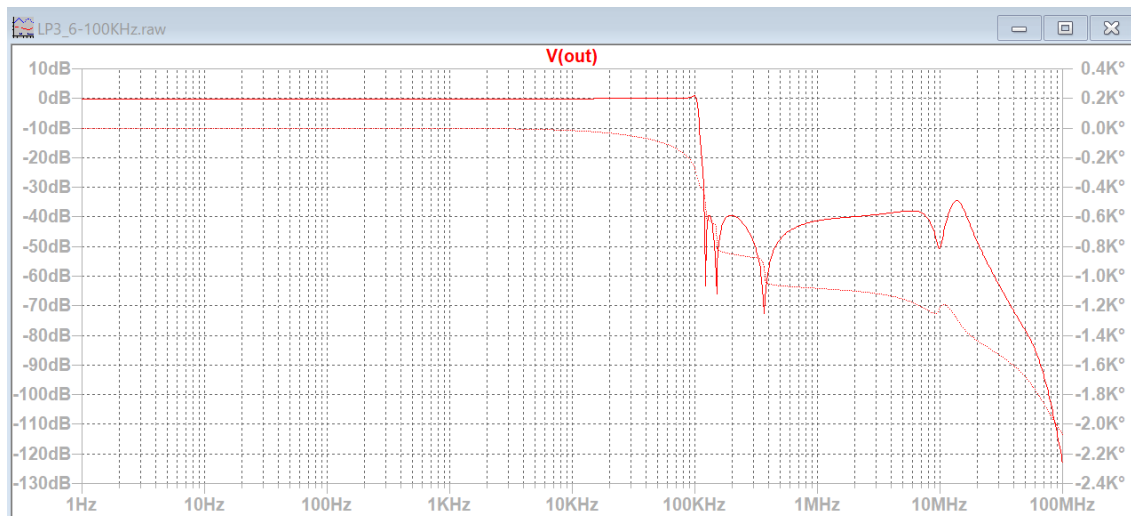
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	68.6056K	423.5025G	0.2185	0	1.1174T	Q=	9.4857
2	295.8492K	347.1491G	0.2185	0	192.8974G	Q=	1.9915
3	688.1701K	191.2836G	0.2185	0	128.9757G	Q=	0.6355

「まとめ LP3 の Cb1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

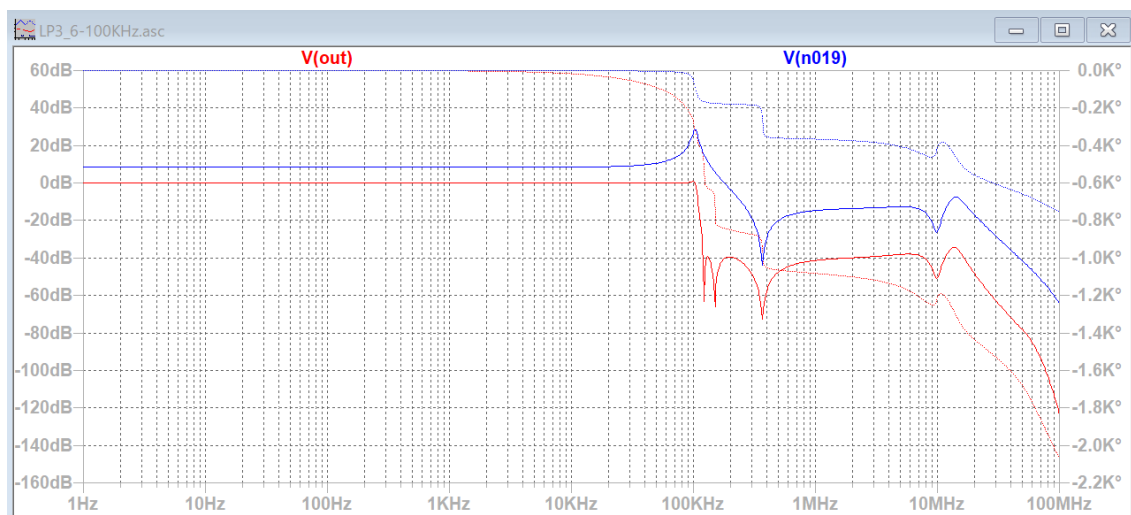
Cb1\_1 = 120n, Cb1\_2= 90n, Cb1\_3=40n を設定して、回路図ファイルを出力する。

## ローパスフィルタ

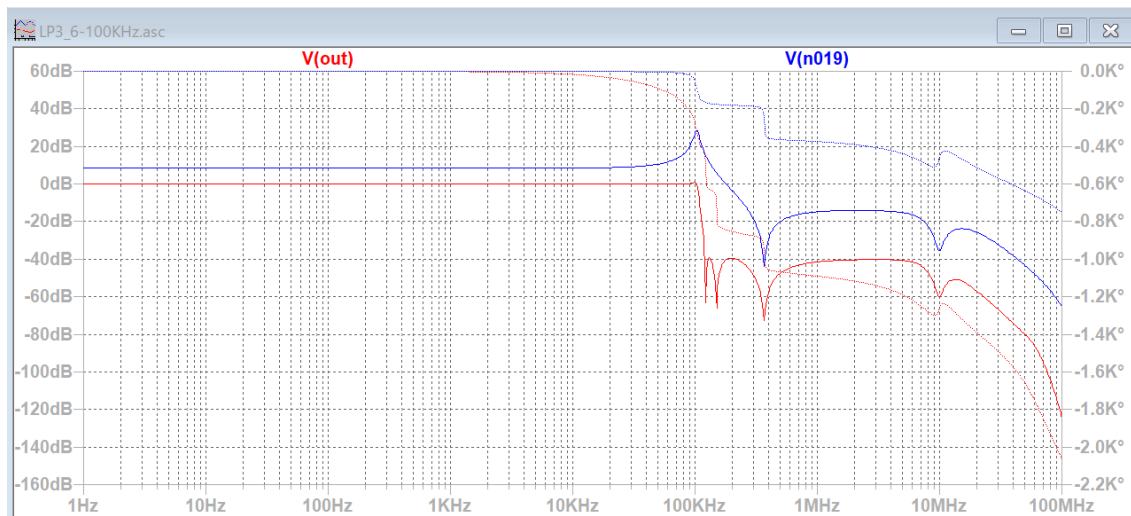
V(out)を確認する



14MHz 付近にオーバーシュートがあるので、U4 の出力を確認する

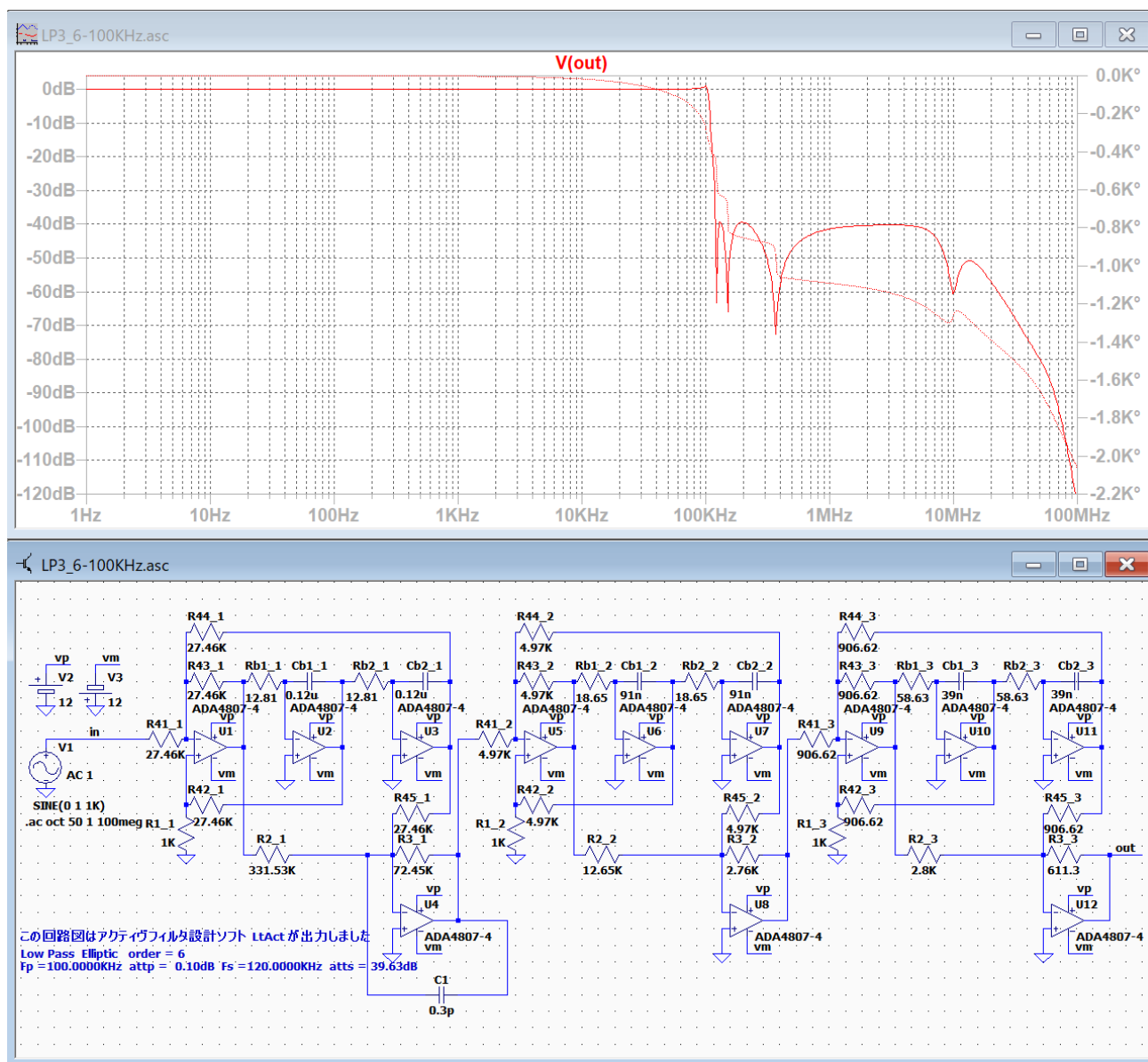


オーバーシュートは第 1 ブロックで発生しているので、R3\_1 に C1=0.3p を並列接続する。



## ローパスフィルタ

## 完成した回路図





ローパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\LP3\_6-100KHz.asc 作成日時 Sun Nov 22 16:56:58

2020

アナログ Low Pass Elliptic 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs =120.0000KHz atts = 39.63dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 12.8053 Cb\_1 (2 個) = 0.1200u 誤差 = 1.5202 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 331.5255K R3\_1 = 72.4459K R4\_1 (5 個) =  
27.4570K 誤差 = 3.9258 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 18.6509 Cb\_2 (2 個) = 91.0000n 誤差 = 3.4901 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 12.6495K R3\_2 = 2.7642K R4\_2 (5 個) =  
4.9746K 誤差 = 4.4076 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 58.6268 Cb\_3 (2 個) = 39.0000n 誤差 = 4.4806 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 2.7974K R3\_3 = 611.3018 R4\_3 (5 個) = 906.6207  
誤差 = 3.7807 %

ローパスフィルタ

LP3\_6-1MHz.asc

ローパス・楕円関数 6次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ローパスフィルタ	遮断特性	Elliptic
設計するフィルタの次数 m(<=58)	6		
カットオフ周波数 Fc	1	Meg	
周波数Fcにおける減衰量又はリップル attp	0.1	dB	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fs/Fc	1.2	倍	キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Low Pass Elliptic 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 1.2000MegHz atts = 39.63dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

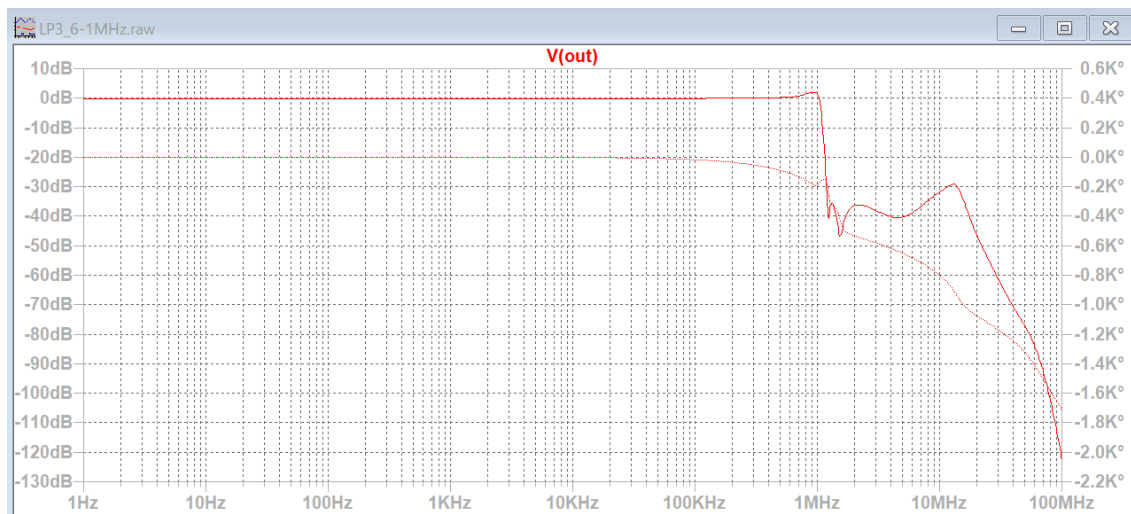
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	686.0557K	42.3503T	0.2185	0	111.7418T	9.4857
2	2.9585Meg	34.7149T	0.2185	0	19.2897T	1.9915
3	6.8817Meg	19.1284T	0.2185	0	12.8976T	0.6355

「まとめ LP3 の Cb1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。Q < 1 のブロックは Q=1 の値を使用する。

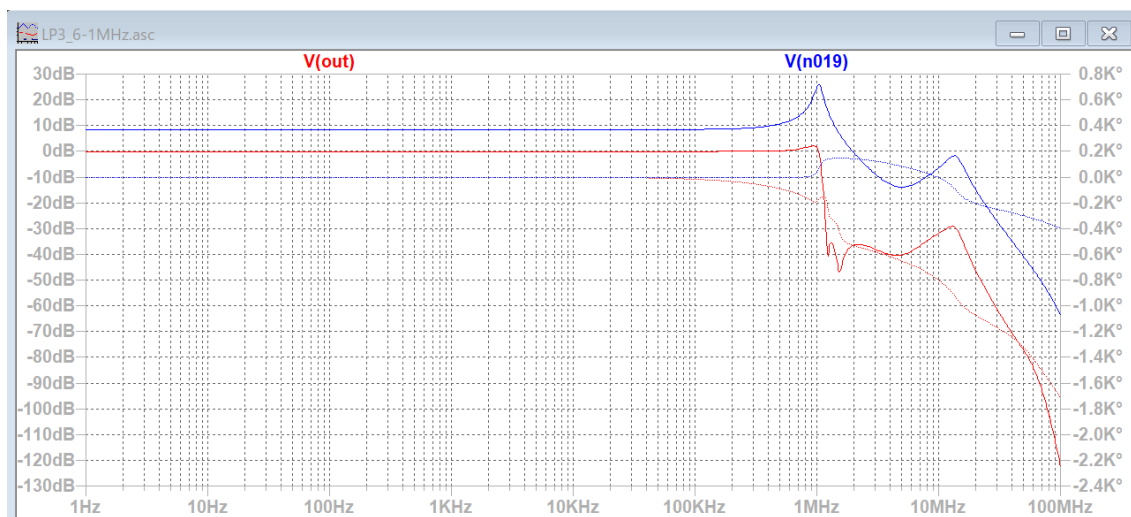
Cb1\_1 = 18n, Cb1\_2= 10n, Cb1\_3=4n を設定して、回路図ファイルを出力する。

## ローパスフィルタ

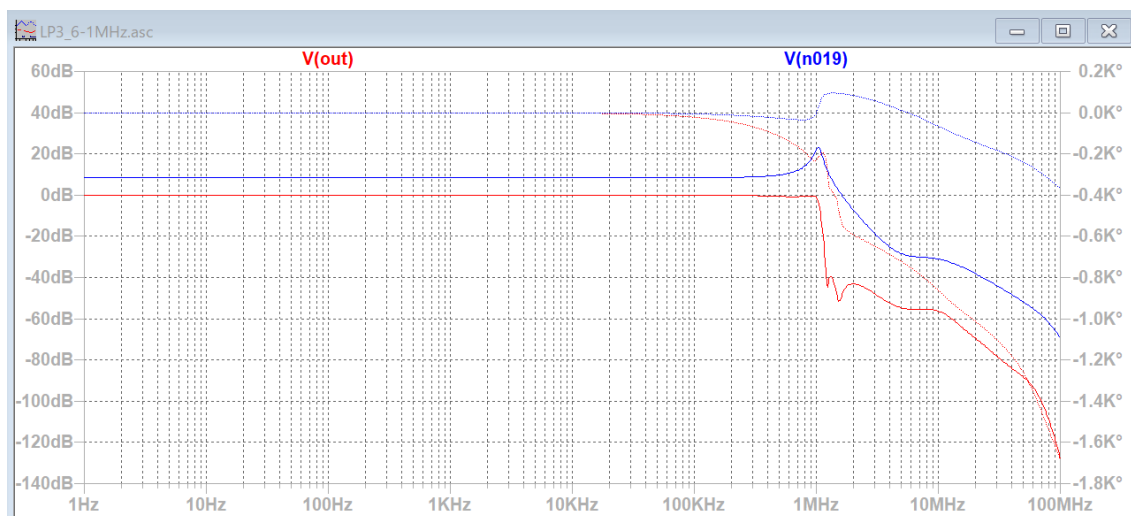
V(out)を確認する



13MHz 付近にオーバーシュートがあるので、U4 の出力を確認する

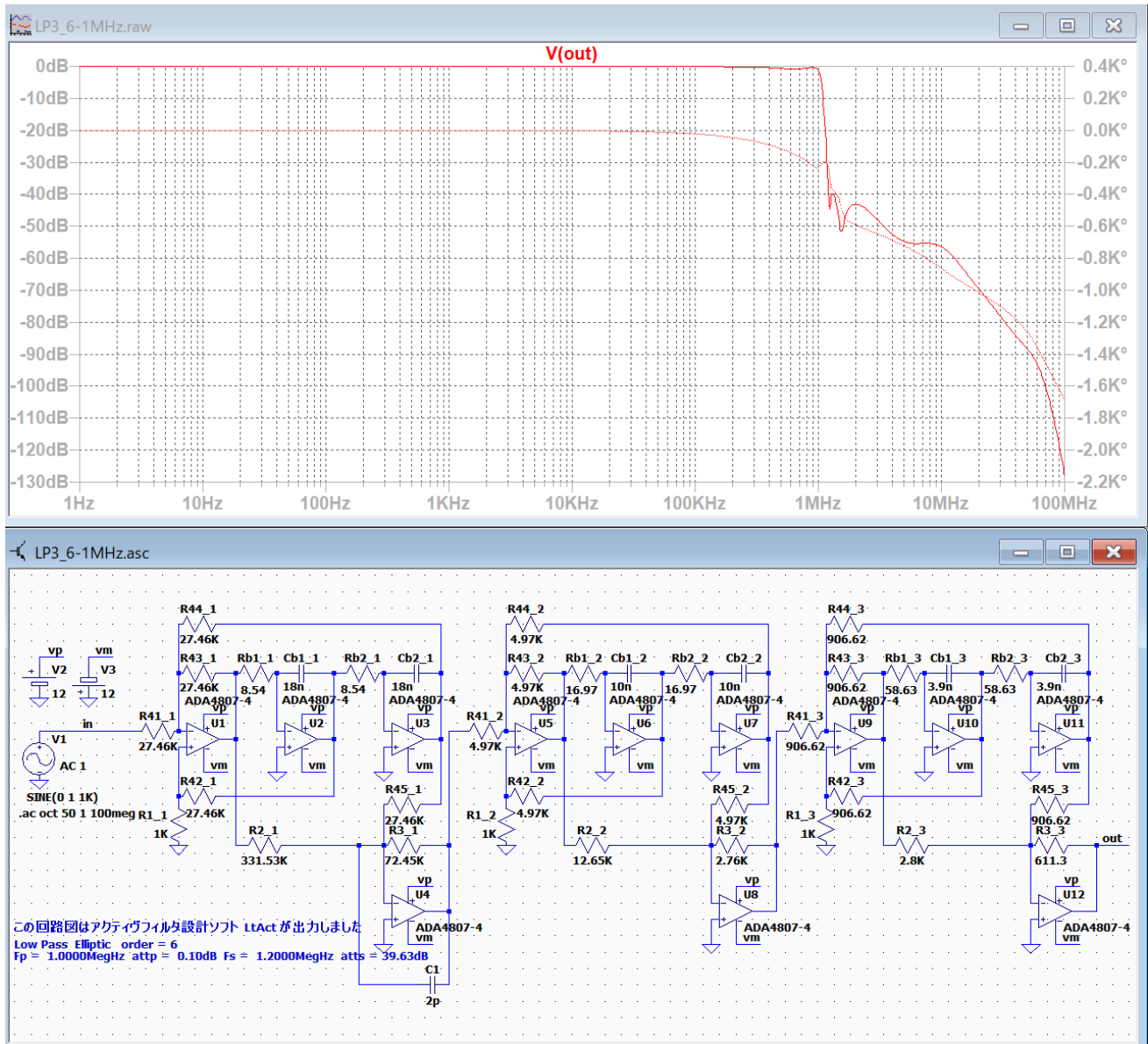


オーバーシュートは第 1 ブロックで発生しているので、R3\_1 に C1=2p を並列接続する。



## ローパスフィルタ

## 完成した回路図



C1 は最低減衰量が確保できる値に設定する。

## ローパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test \LP3\_6-1MHz.asc 作成日時 Sun Nov 22 18:36:50 2020

フィルタタイプ Low Pass Elliptic 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 1.2000MegHz atts = 39.63dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 8.5369 Cb\_1 (2 個) = 18.0000n 誤差 = 3.9462 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 331.5255K R3\_1 = 72.4459K R4\_1 (5 個) =  
27.4570K 誤差 = 3.9258 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 16.9723 Cb\_2 (2 個) = 10.0000n 誤差 = 5.7290 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 12.6495K R3\_2 = 2.7642K R4\_2 (5 個) =  
4.9746K 誤差 = 4.4076 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 58.6268 Cb\_3 (2 個) = 3.9000n 誤差 = 4.4806 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 2.7974K R3\_3 = 611.3018 R4\_3 (5 個) = 906.6207  
誤差 = 3.7807 %

## ローパスフィルタ

## LP4\_6-1MHz.asc

ローパス・楕円関数 6次 1MHz

## 設計パラメータの入力

フィルタの種類 ローパスフィルタ 遮断特性 Elliptic

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  6

カットオフ周波数  $F_c$  1 Meg

周波数 $F_c$ における減衰量又はリプル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を $F_s$ として、 $X_s = F_s/F_c$  1.2 倍

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Low Pass Elliptic 次数=6

 $F_p = 1.0000\text{MegHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 1.2000\text{MegHz}$   $atts = 39.63\text{dB}$ 

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

 $H_n = \text{-----}$ 

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

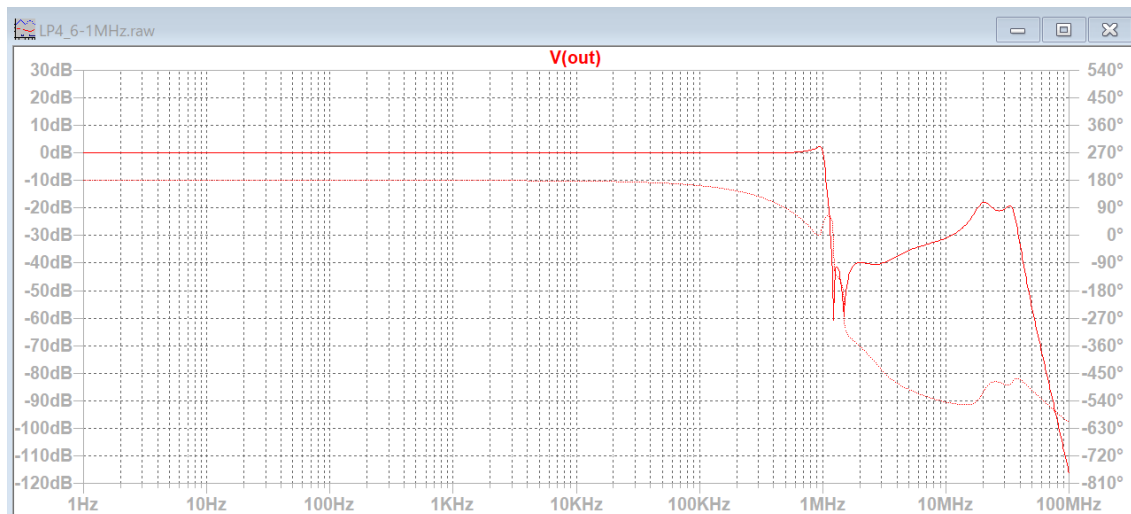
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	686.0557K	42.3503T	0.2185	0	111.7418T	9.4857
2	2.9585Meg	34.7149T	0.2185	0	19.2897T	1.9915
3	6.8817Meg	19.1284T	0.2185	0	12.8976T	0.6355

「まとめ LP4 の Cb1\_1 の値」を参考にすると、各ブロックのコンデンサ値は次のように設定すれば良い。 $Q < 1$  のブロックは  $Q=1$  の値を使用する。

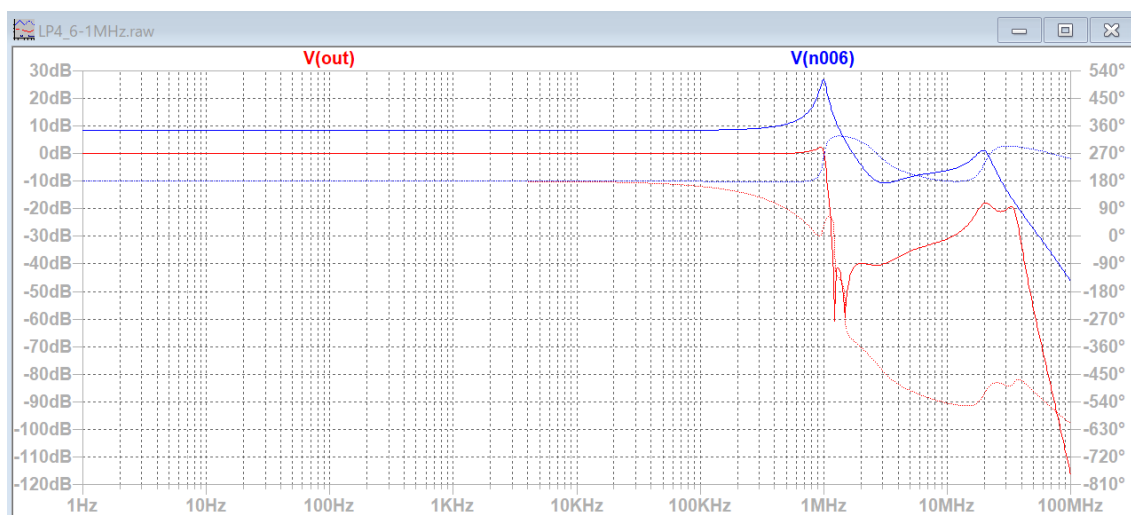
$Cb1\_1 = 2n$ ,  $Cb1\_2 = 1n$ ,  $Cb1\_3 = 0.2n$  を設定して、回路図ファイルを出力する。

## ローパスフィルタ

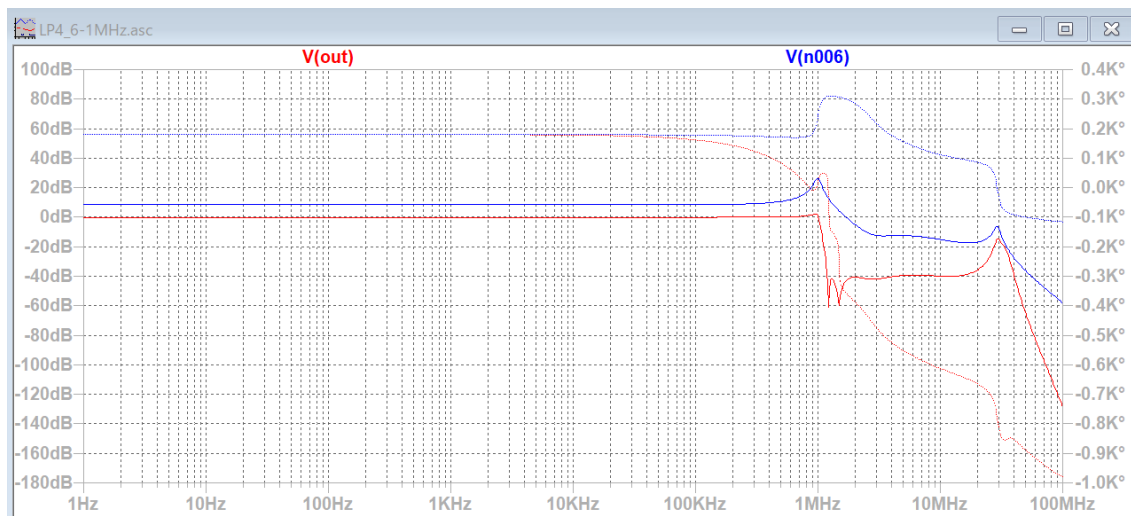
V(out)を確認する



20MHz 付近にオーバーシュートがあるので、U2 の出力を確認する

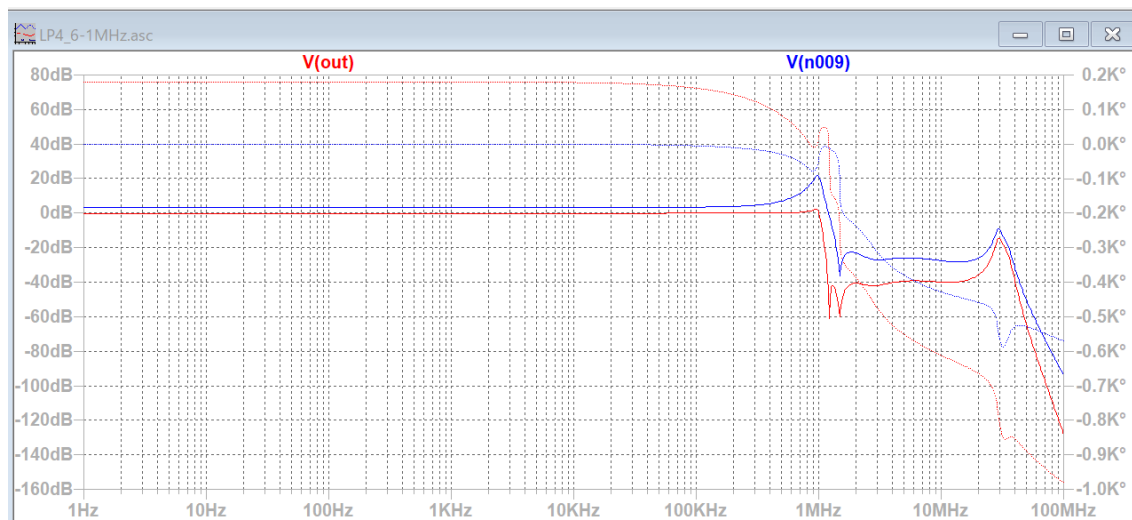


オーバーシュートは第 1 ブロックで発生しているので、R4\_1 に C1=5p を並列接続する。

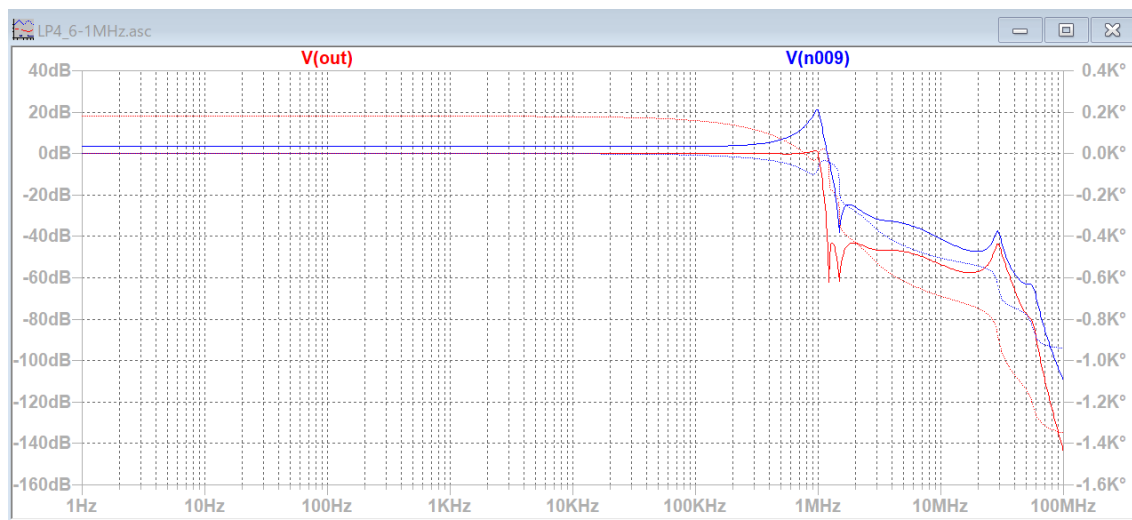


## ローパスフィルタ

U4 の出力を確認する



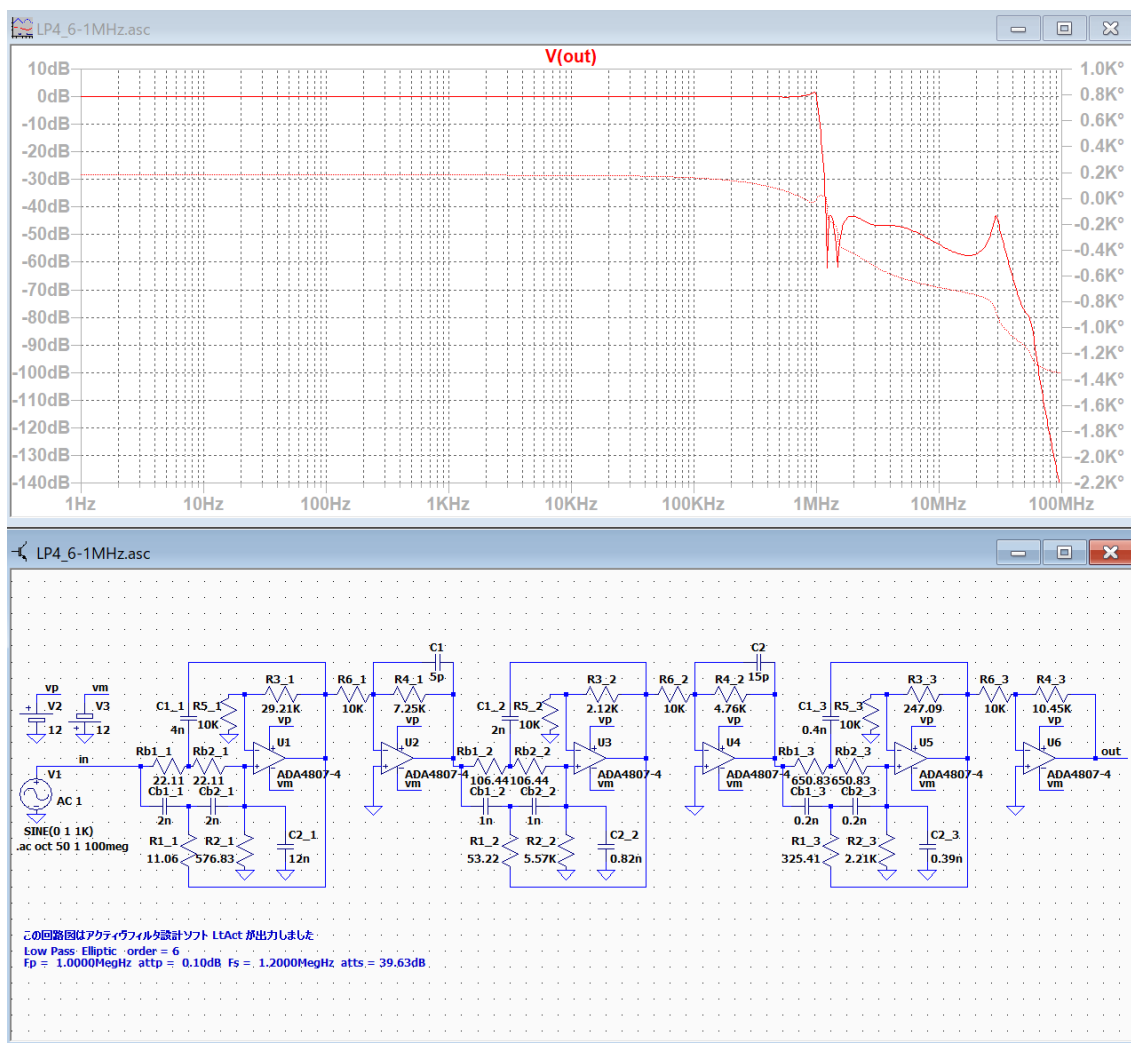
R4\_2 に C1=10p を並列接続する。





## ローパスフィルタ

## 完成した回路図



C1=5p, C2=10p で、最低減衰量が-40dB に達するが、C1=5p, C2=15p にすると最低減衰量が-43dB になる。

## ローパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test \LP4\_6-1MHz.asc 作成日時 Sun Nov 22 18:51:52 2020

フィルタタイプ Low Pass Elliptic 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 1.2000MegHz atts = 39.63dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 22.1111 Cb\_1 (2 個) = 2.0000n R1\_1 = 11.0556 C1\_1  
= 4.0000n 誤差 = 2.5990 %

1 R2\_1 = 576.8300 C2\_1 = 12.0000n 誤差 = 2.9177 %

1 R3\_1 = 29.2056K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.7199 %

1 R4\_1 = 7.2459K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.5070 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 106.4352 Cb\_2 (2 個) = 1.0000n R1\_2 = 53.2176 C1\_2  
= 2.0000n 誤差 = 5.3462 %

2 R2\_2 = 5.5692K C2\_2 = 0.8200n 誤差 = 0.5523 %

2 R3\_2 = 2.1173K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 3.9060 %

2 R4\_2 = 4.7610K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.2805 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 650.8253 Cb\_3 (2 個) = 0.2000n R1\_3 = 325.4127 C1\_3  
= 0.4000n 誤差 = 5.3228 %

3 R2\_3 = 2.2135K C2\_3 = 0.3900n 誤差 = 0.6109 %

3 R3\_3 = 247.0869 R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 2.8682 %

3 R4\_3 = 10.4494K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 4.3009 %

## 周波数による推奨値の調整

## 周波数による推奨値の調整

「まとめ LP1 の C1\_1 の値」などに示されているコンデンサの推奨値は、周波数が 1KHz, 10KHz, 100KHz および 1MHz という周波数について推奨値をまとめたものです。

LP3(et1)	Cb1_1の値		
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	10u	8.2u	3u
10	1.2u	0.9u	0.4u
100	120n	90n	40n
1000	18n	10n	4n

この表を利用して、300KHz や 500KHz における推奨値を求める方法を説明します。

## 設計パラメータの入力

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Low Pass Elliptic 次数=4

Fp = 500.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 750.0000KHz atts = 29.06dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

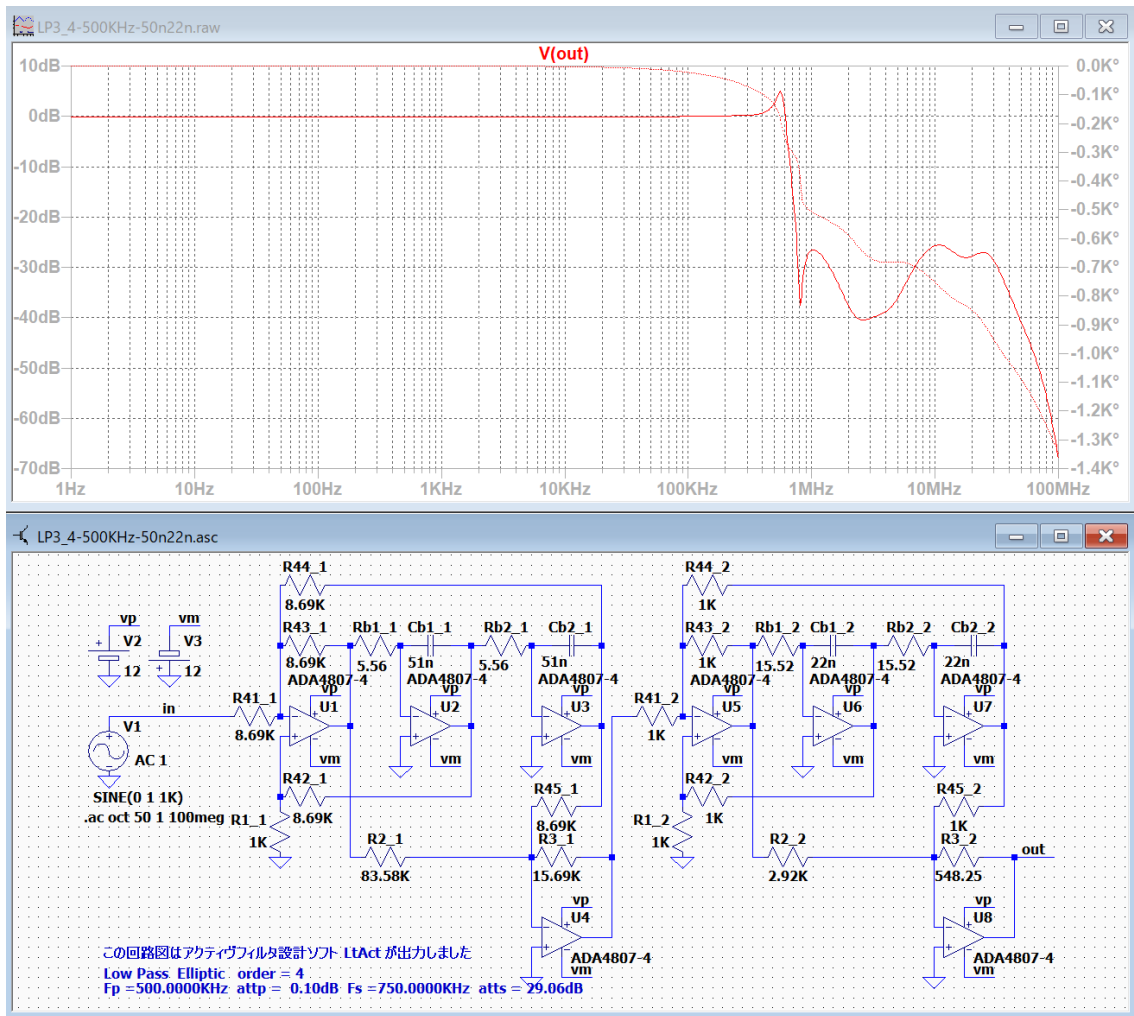
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	1.0909Meg	12.4166T	0.1877	0	22.4114T	3.2300
2	4.3903Meg	8.5753T	0.1877	0	4.6966T	0.6670

Q 値より、表の Q=2 と Q=1 の値を利用します。

500KHz は 100KHz と 1000KHz の中央の周波数なので、Q=2 の推奨値として

(90+10)/2=50n 、Q=1 の推奨値として(40+4)/2=22n を使って回路図を作成します。

## 周波数による推奨値の調整



阻止域のオーバーシュートは U8 の R3\_2 に C1 を並列に接続すれば消えますが、560KHz にオーバーシュートが発生しており、楕円関数の楕形のリップルが乱れています。

500KHz の推奨値は「まとめ LP1 の C1\_1 の値」の表の 100KHz から 1000KHz の間に存在するので、次式により比例配分の比率を決定します。

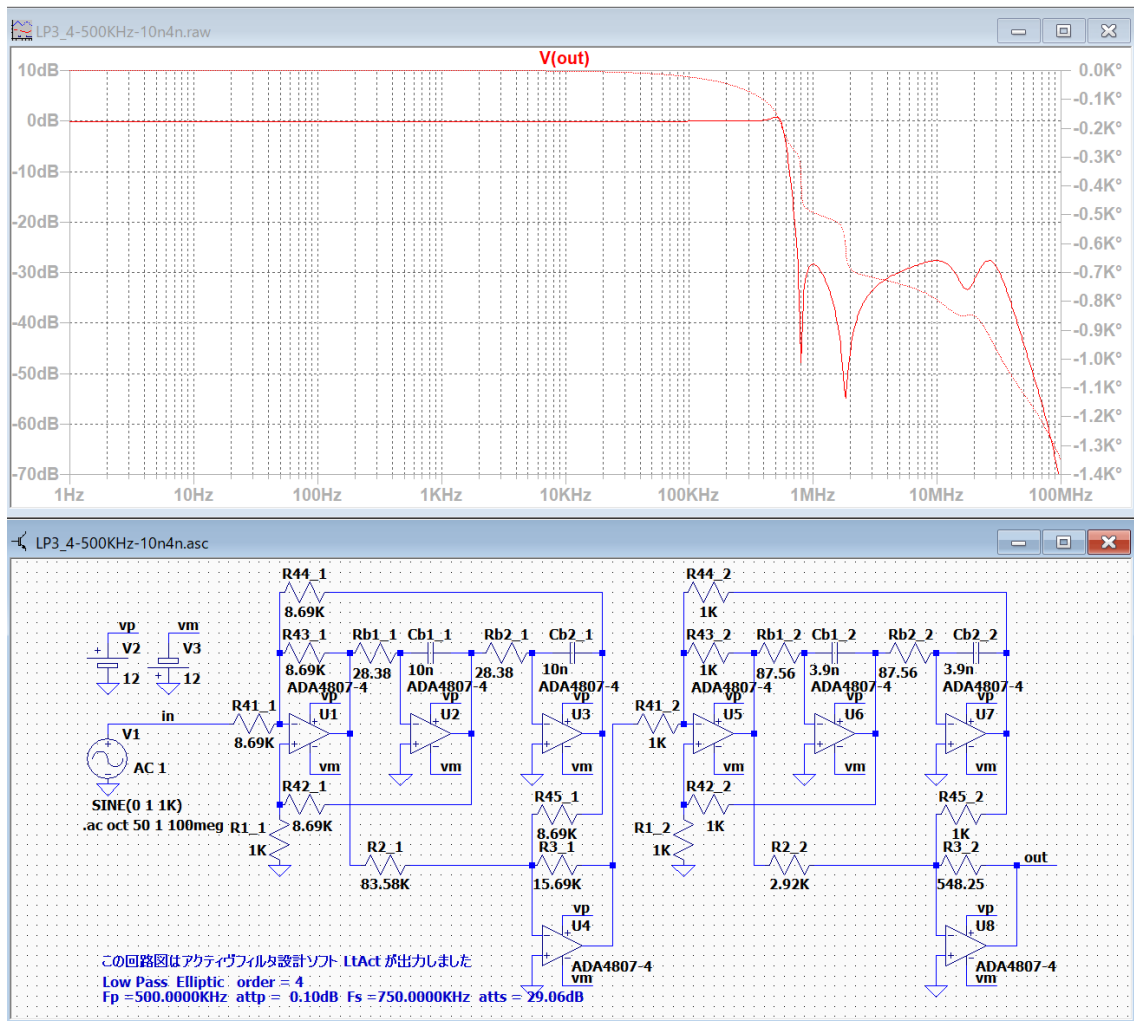
$$a = 1 - \log_{10} \frac{500}{100}; r = a^2 = 0.09$$

この比率 r によって、C1\_1 に対する推奨値は  $(90 + 10) \cdot a = 9n$  となりますが、1000KHz の推奨値よりも小さくなったので 1000KHz の値 10n を採用します。

C1\_2 も 1000KHz の値 4n を採用します。

周波数による推奨値の調整

## 完成した回路図



阻止域のオーバーシュートは U8 の R3\_2 に C1 を並列に接続すれば消すことができます。R3\_2=10K 程度になるように回路図を作成しておけば、C1 は小さい値でオーバーシュートを消すことができます。

従って、作成するフィルタの周波数 F が表の F1~F2(=10\*F1)の範囲であれば、配分比率は次式で表されます。

$$a = 1 - \log_{10} \frac{F}{F_1}; r = a^2$$

F1 に対する推奨値が C1、F2 に対する推奨値が C2 の時は、F に対する推奨値 C は次式で求められます。

$$C = (C_1 + C_2) \cdot r$$

ただし、C>C1 の場合は、C=C1、C<C2 の場合は、C=C2 とします。

C1>C2 なら、 $C = (C_1 + C_2) \cdot (1 - r)$ を使用します。

試しに、300KHz のフィルタを設計してみます。

$$C = (C1 + C2) \cdot r$$

$$a = 1 - \log_{10} \frac{300}{100}; r = a^2 = 0.273$$

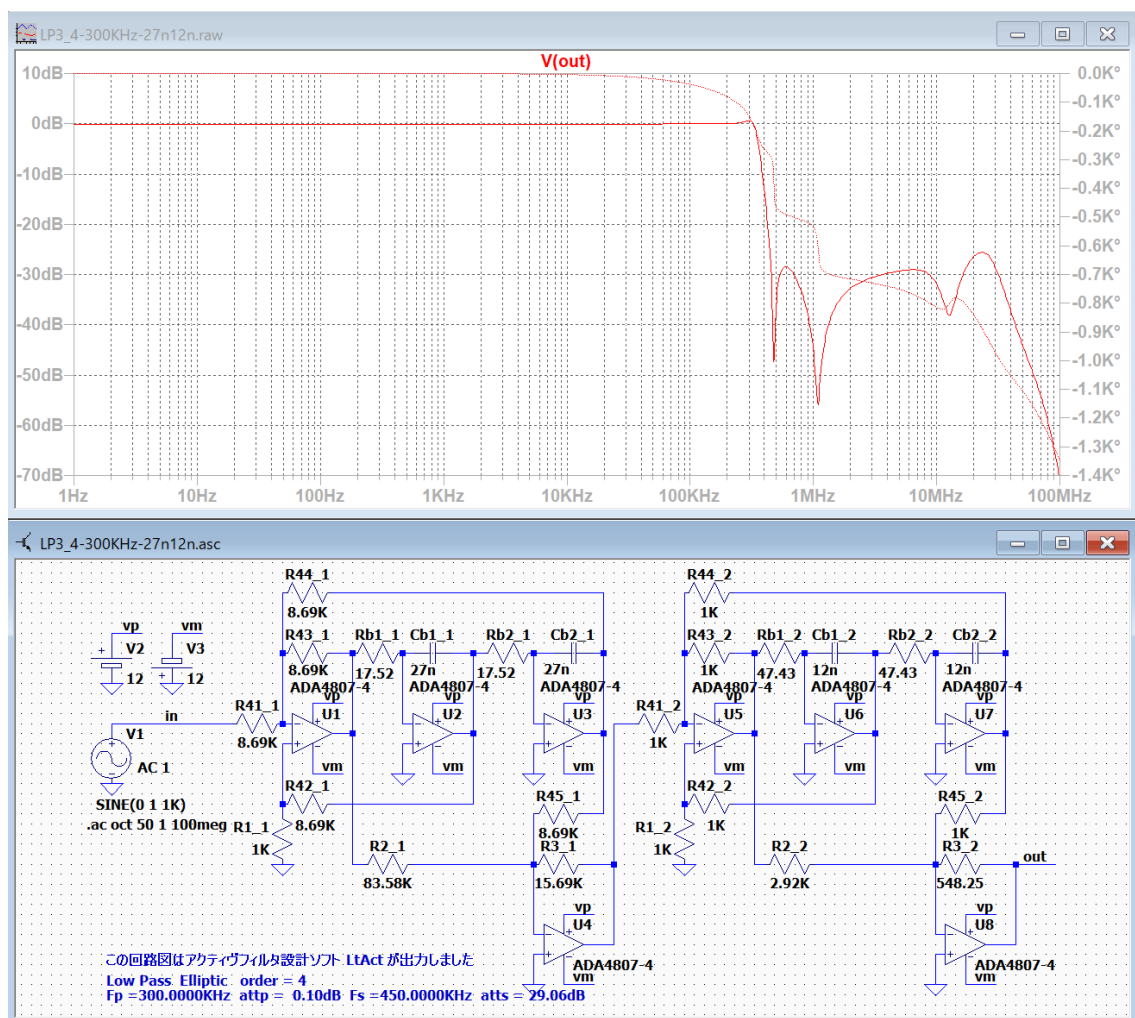
この比率によって、

$$C1\_1 = (90 + 10) \cdot 0.273 = 27.3n$$

$$C1\_2 = (40 + 4) \cdot 0.273 = 12n$$

となります。

完成した回路図



阻止域のオーバーシュートは U8 の R3\_2 に C1 を並列に接続すれば消すことができます。  
R3\_2=10K 程度になるように回路図を作成しておけば、C1 は小さい値でオーバーシュートを消すことができます。

## 周波数による推奨値の調整

## もう一つの配分方法

作成するフィルタの周波数  $F$  が表の  $F1 \sim F2 (=10 \cdot F1)$  の範囲であれば、配分比率は次式で表されます。

$$a = 1 - \log_{10} \frac{F}{F1}; r = a^2$$

$F1$  に対する推奨値が  $C1$ 、 $F2$  に対する推奨値が  $C2$  の時は、 $F$  に対する推奨値  $C$  は次式で求められます。

$$C = C1 \cdot r + C2 \cdot (1 - r)$$

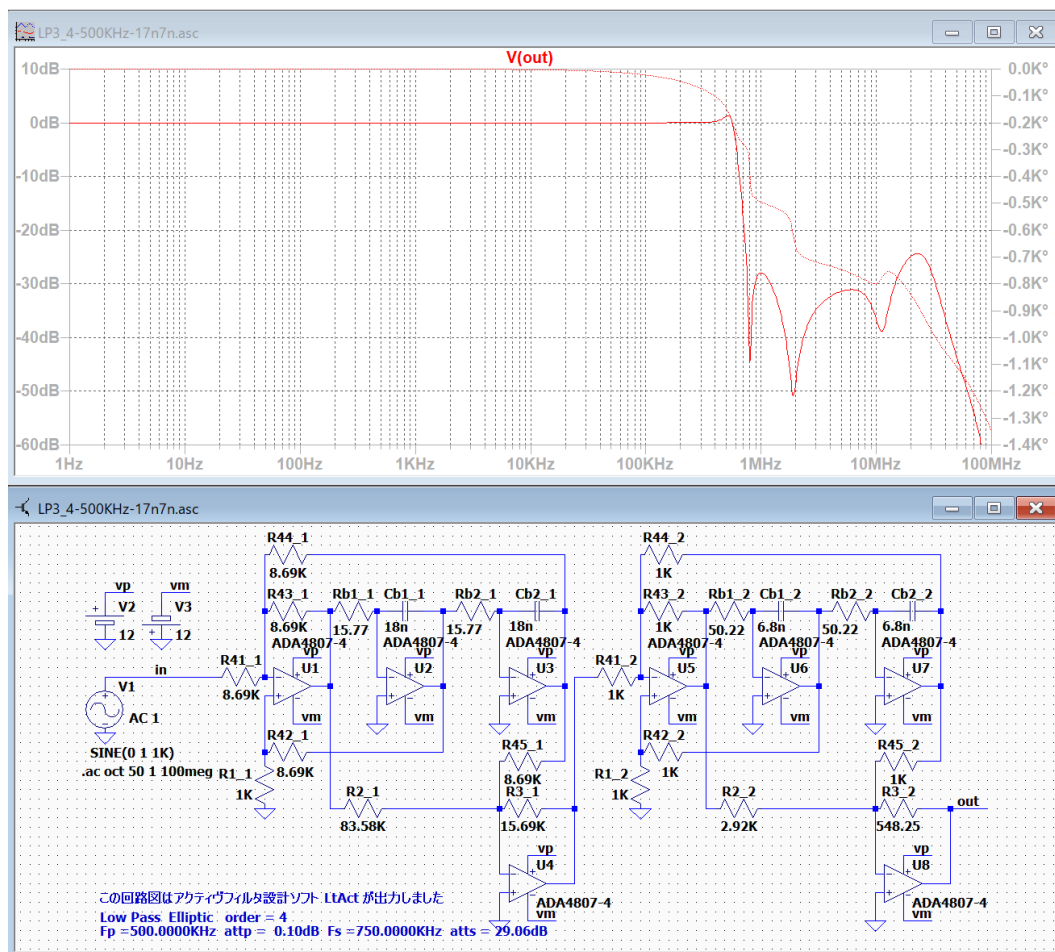
この配分方法によると、 $C$  は  $C1 \sim C2$  の範囲に収まります。

500KHz の場合を例として計算します。

$$a = 1 - \log_{10} \frac{500}{100}; r = a^2 = 0.09$$

$$C1_1 = 90 \cdot 0.09 + 10 \cdot (1 - 0.09) = 17.2n$$

$$C1_2 = 40 \cdot 0.09 + 4 \cdot (1 - 0.09) = 7.24n$$



最初の配分方法の方が、簡単でしかも好結果が得られるようです。

## もう一つの配分方法

LP4\_6-1MHz.asc

## ハイパスフィルタ

## ハイパスフィルタ

## 基本回路 HP1 のコンデンサ値

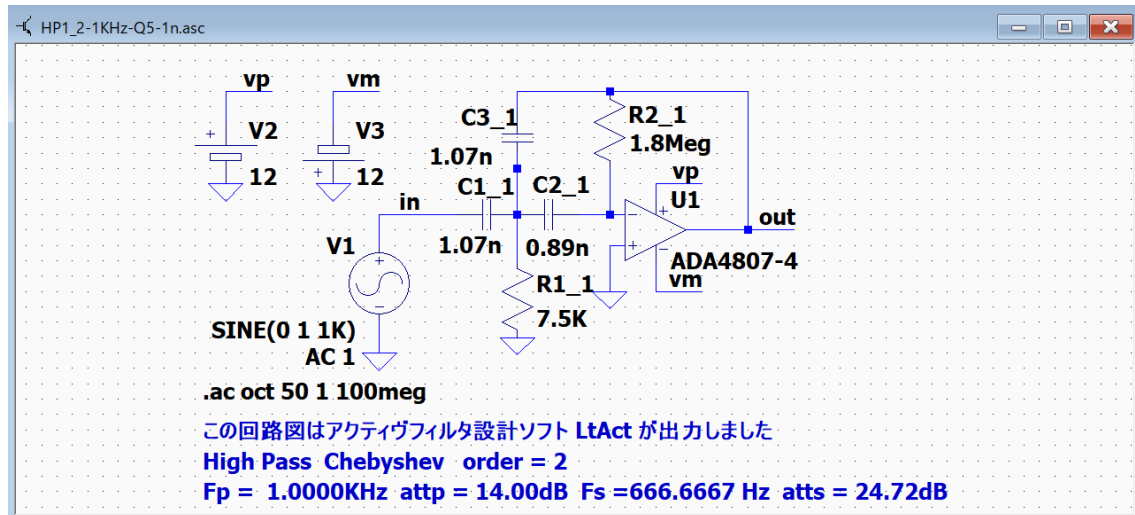
HP1 はバターワースとチェビシェフのハイパスフィルタで使用する基本回路です。

フィルタの周波数と回路の Q 値ごとにコンデンサの利用可能な値を確認しました。

C1\_1 の値を 10p から 100u まで、遮断特性を確認して推奨値をまとめました。

高次数のハイパスフィルタのコンデンサ値を設定する時に参考になると思います。

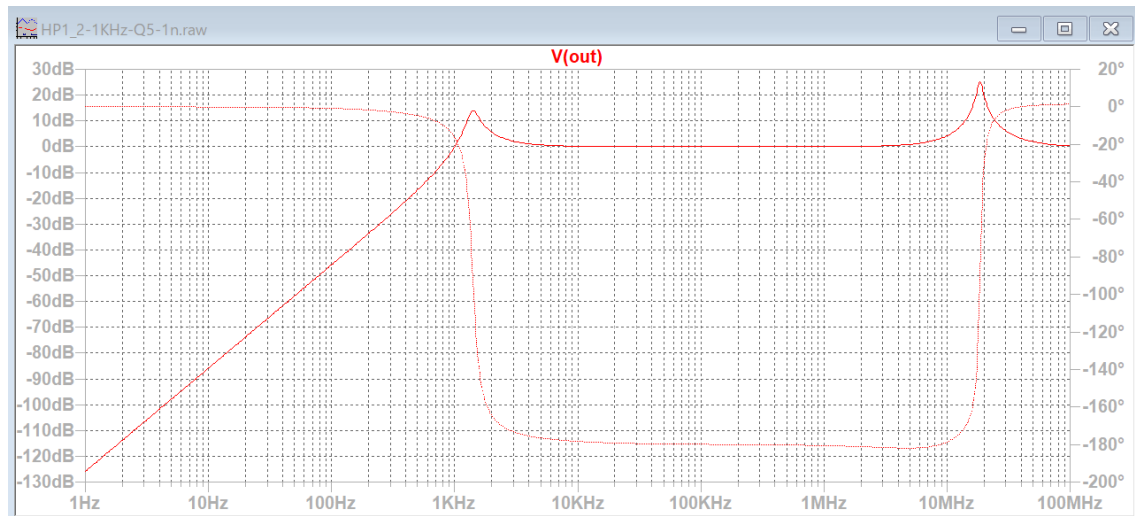
## ハイパス・チェビシェフ 2 次 1KHz HP1



Q 値が 5, 2, 1 に対して、C1\_1 を 100u から 10p の間で値を変更して、遮断域において 100MHz まで直線的に減衰量が増加する値を探します。

ハイパス・チェビシェフの「設計パラメータの入力」で、リップルを 14, 8, 2 に設定すると、Q 値がそれぞれ約 5, 2, 1 になります。

Q=5, 1KHz, C1\_1=1n の場合 1KHz 付近および 20MHz 付近にオーバシュートがある

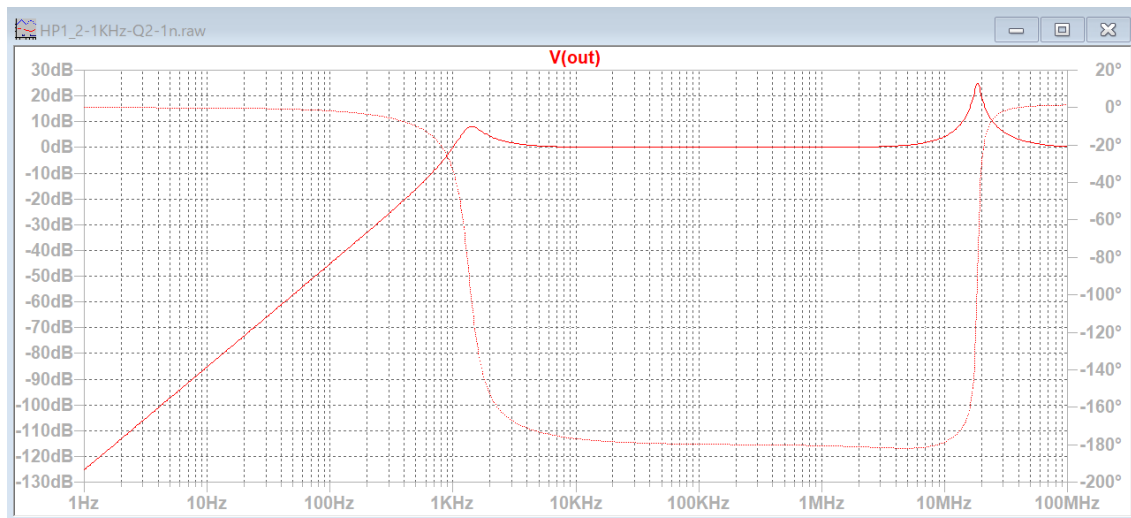


基本回路 HP1 のコンデンサ値ハイパス・チェビシェフ 2 次 1KHz HP1

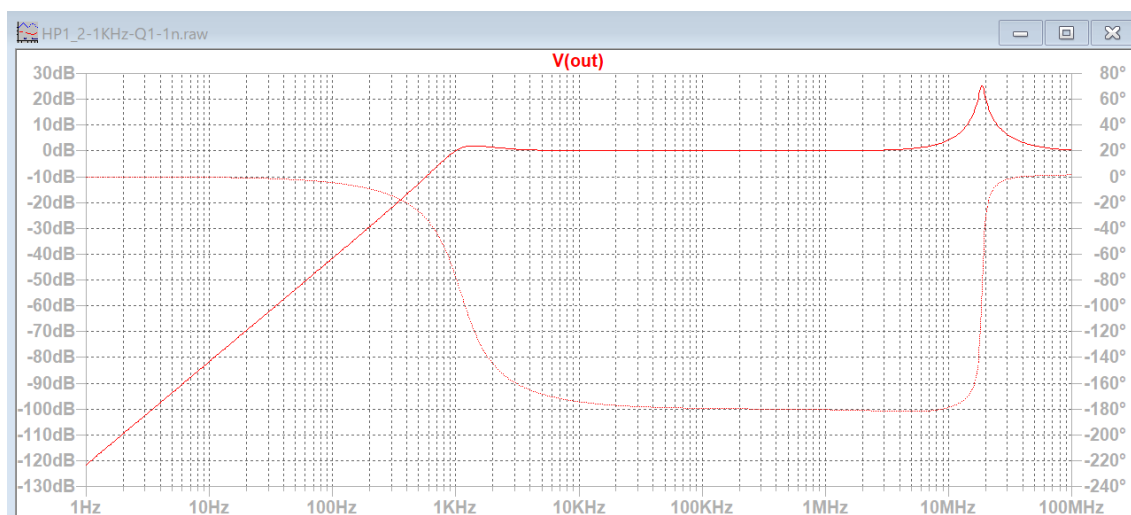


## ハイパスフィルタ

$Q=2$ , 1KHz,  $C1\_1=1n$  の場合  $Q=5$  の場合とほぼ同じ位置にオーバシュートがある



$Q=1$ , 1KHz,  $C1\_1=1n$  の場合  $Q=5$  の場合とほぼ同じ位置にオーバシュートがある



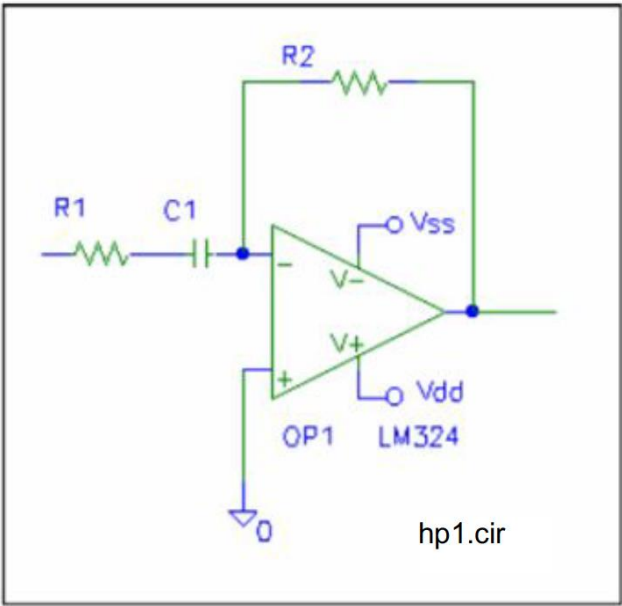
ハイパスフィルタ

まとめ HP1 の C1\_1 の値

この表はオペアンプに ADA4807-4 を利用する場合の値です。

HP1	C1_1の値		
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	50p	50p	50p
1000	30p	30p	30p

奇数次数のハイパスフィルタには、1 次のフィルタが追加されます。C1 を周波数に見合った適当な値に設定して下さい。



hp1 (1次)	C1の値
周波数 KHz	
1	1n
10	0.1n
100	10p
1000	10p

図 4－1 1 次のハイパスフィルタ基本回路 1 hp1\_1.cir

基本回路「hp1.cir」は、HP1, HP2, HP3, HP4 で利用されます。

## ハイパスフィルタ

## 4 次 フィルタの設計手順

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$

カットオフ周波数  $F_c$   KHz

周波数  $F_c$  における減衰量又はリプル  $att_p$   dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s =$   倍

遮断特性 チェビシェフ

OK キャンセル

4 次ハイパス・チェビシェフフィルタを「まとめ HP1 の C1\_1 の値」を参考にして設計する手順を説明します。

伝達関数の係数をファイルに出力します。

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ High Pass Chebyshev 次数=4

$F_p = 10.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 6.6667\text{KHz}$   $atts = 11.42\text{dB}$

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

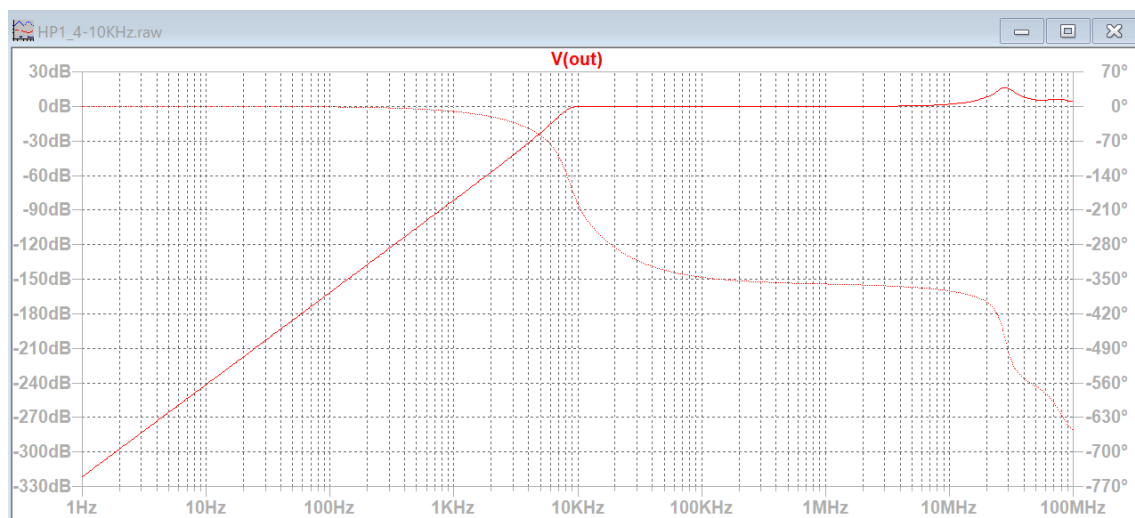
$H_n = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	24.9580K	2.9682G	1.0000	0	0	Q= 2.1829
2	128.6504K	6.3376G	1.0000	0	0	Q= 0.6188

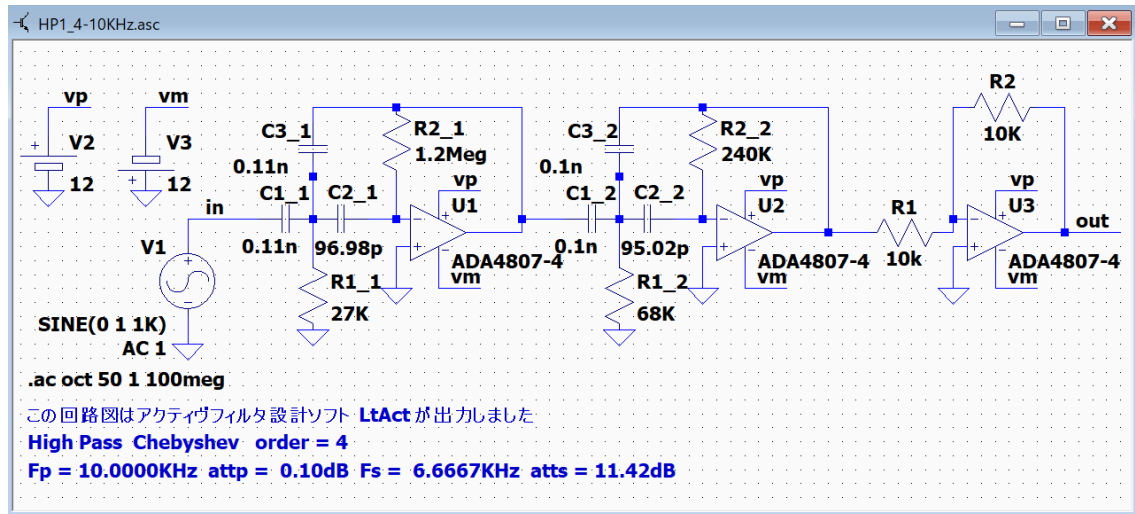
Q 値より  $C1\_1=C1\_2=100\text{p}$  に設定して回路図ファイルを出力して  $V(\text{out})$ を確認します。



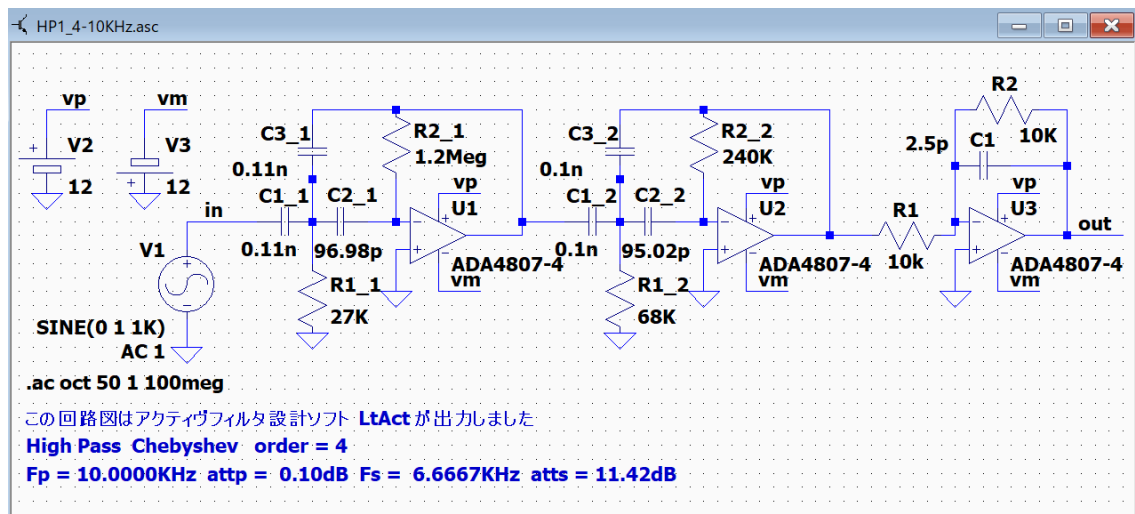
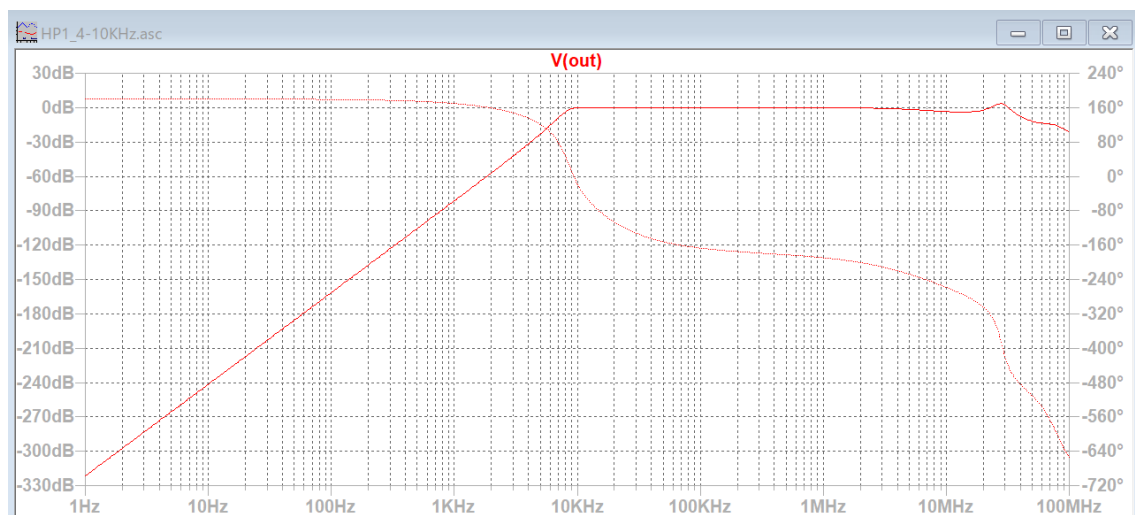
基本回路 HP1 のコンデンサ値 4 次 フィルタの設計手順

## ハイパスフィルタ

30MHz 付近にオーバシュートがあるので、オペアンプを追加して調整します。



R2 に C1= 2.5p を並列接続します。「out」のラベルを移動します。



基本回路 HP1 のコンデンサ値 4 次 フィルタの設計手順

## ハイパスフィルタ

## 基本回路 HP2 のコンデンサ値

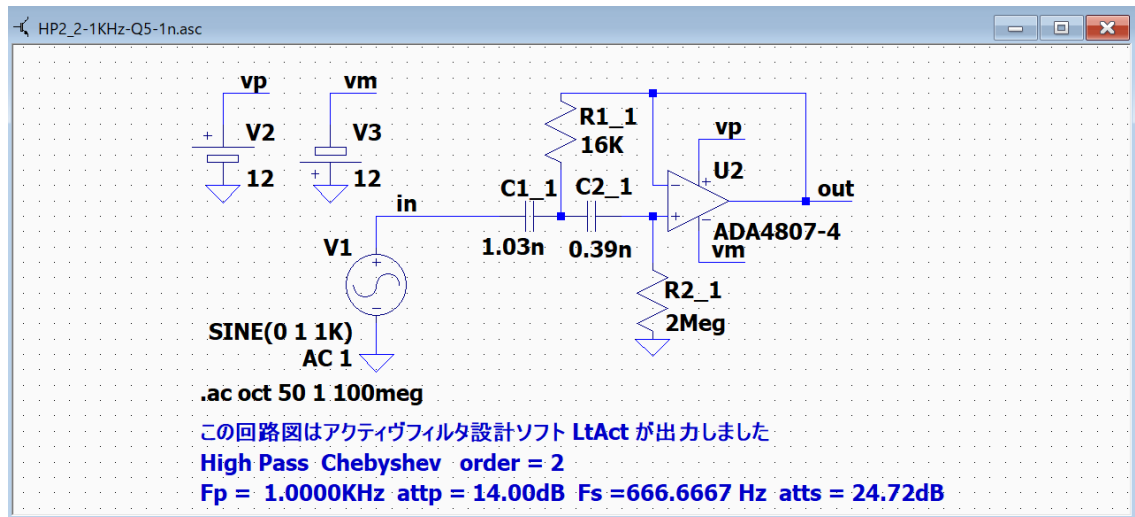
HP2 はバターワースとチェビシェフのハイパスフィルタで使用される基本回路です。

フィルタの周波数と回路の  $Q$  値ごとにコンデンサの利用可能な範囲を確認しました。

$C1\_1$  の値を 10p から 100u まで、遮断特性を確認して推奨値をまとめました。

高次数のハイパスフィルタのコンデンサ値を設定する時に参考になると思います。

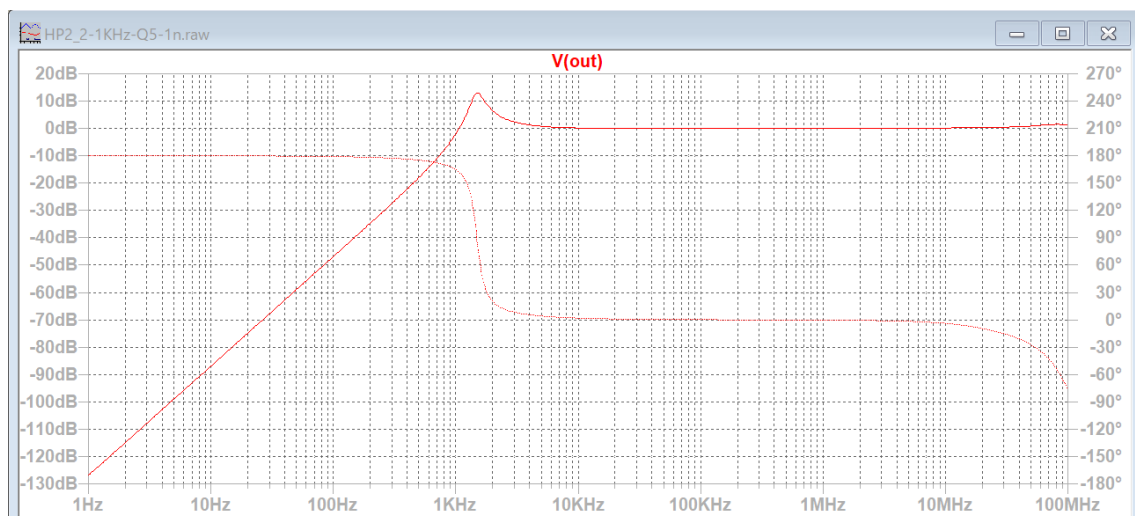
## ハイパス・チェビシェフ 2 次 1KHz HP2



$Q$  値が 5, 2, 1 に対して、 $C1\_1$  を 100u から 10p の間で値を変更して、遮断域において 1KHz から 100MHz まで直線的に減衰量が増加する値を探します。

ハイパス・チェビシェフの「設計パラメータの入力」で、リップルを 14, 8, 2 に設定すると、 $Q$  値がそれぞれ約 5, 2, 1 になります。

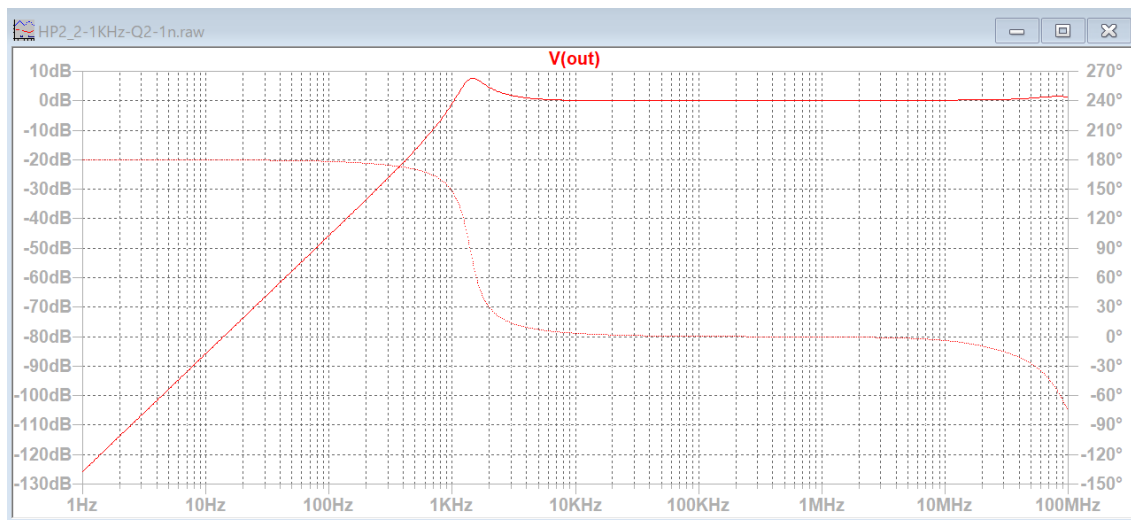
$Q=5$ , 1KHz,  $C1\_1=1n$  の場合 1KHz 付近にオーバシュートがあります



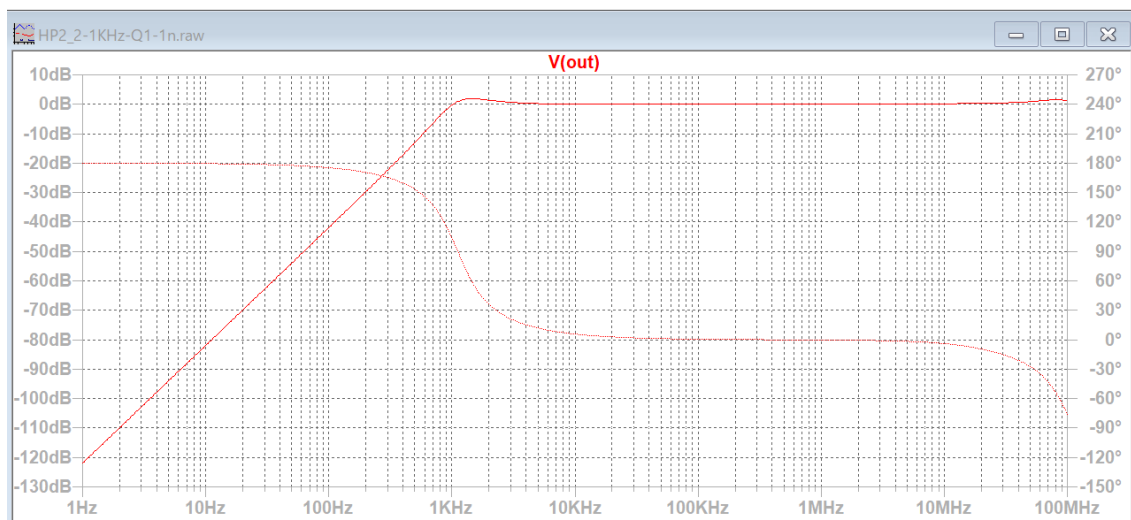
基本回路 HP2 のコンデンサ値ハイパス・チェビシェフ 2 次 1KHz HP2

## ハイパスフィルタ

Q=2, 1KHz, C1\_1=1n の場合 1KHz 付近にオーバシュートがあります



Q=1, 1KHz, C1\_1=1n の場合 1KHz 付近にオーバシュートがあります



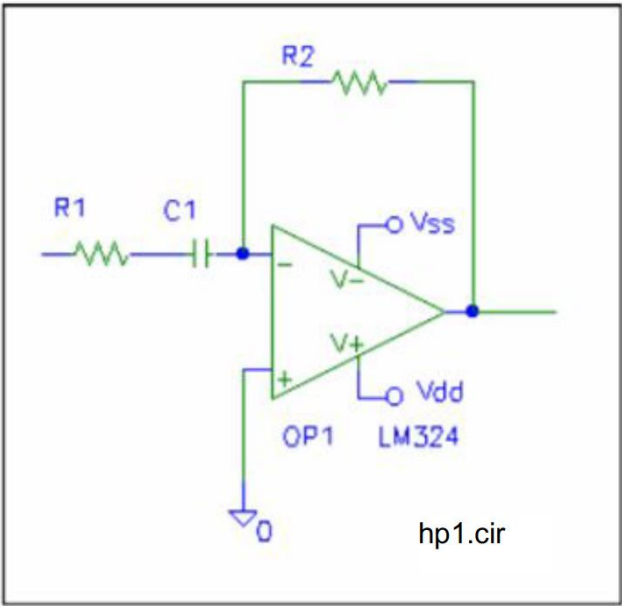
ハイパスフィルタ

まとめ HP2 の C1\_1 の値

この表はオペアンプに ADA4807-4 を利用する場合の値です。

HP2	C1_1の値		
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	50p	50p	50p
1000	30p	30p	30p

奇数次数のハイパスフィルタには、1 次のフィルタが追加されます。C1 を周波数に見合った適当な値に設定して下さい。



hp1 (1次)	C1の値
周波数 KHz	
1	1n
10	0.1n
100	10p
1000	10p

図 4－1 1 次のハイパスフィルタ基本回路 1 hp1\_1.cir

基本回路「hp1.cir」は、HP1, HP2, HP3, HP4 で利用されます。

## ハイパスフィルタ

## 4 次 フィルタの設計手順

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$

カットオフ周波数  $F_c$   KHz

周波数  $F_c$  における減衰量又はリプル  $att_p$   dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s =$   倍

遮断特性 チェビシェフ

OK キャンセル

4 次ハイパス・チェビシェフフィルタを「まとめ HP2 の C1\_1 の値」を参考にして設計する手順を説明します。

伝達関数の係数をファイルに出力します。

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アログ High Pass Chebyshev 次数=4

$F_p = 10.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 6.6667\text{KHz}$   $atts = 11.42\text{dB}$

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

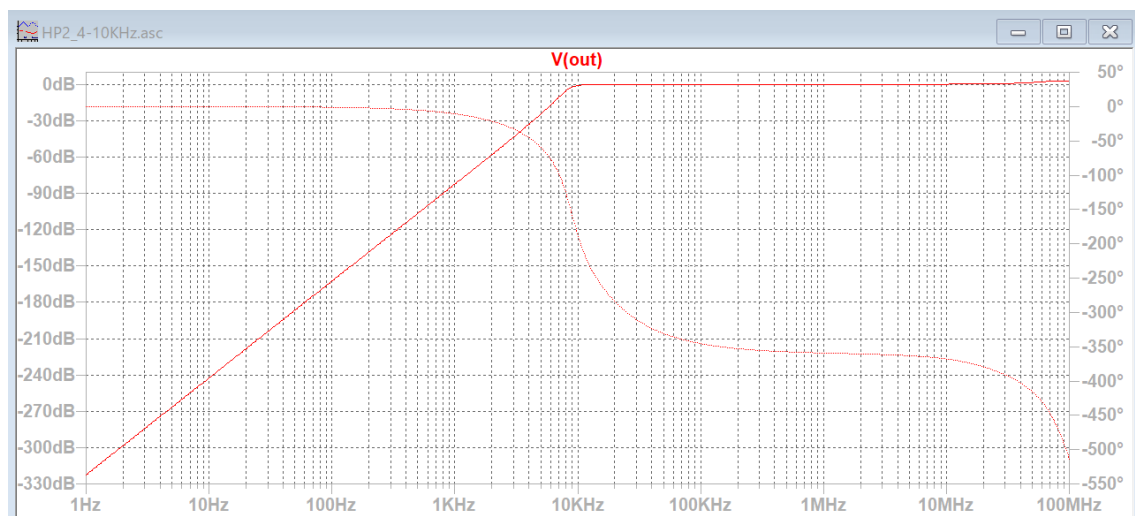
$H_n = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	24.9580K	2.9682G	1.0000	0	0	Q= 2.1829
2	128.6504K	6.3376G	1.0000	0	0	Q= 0.6188

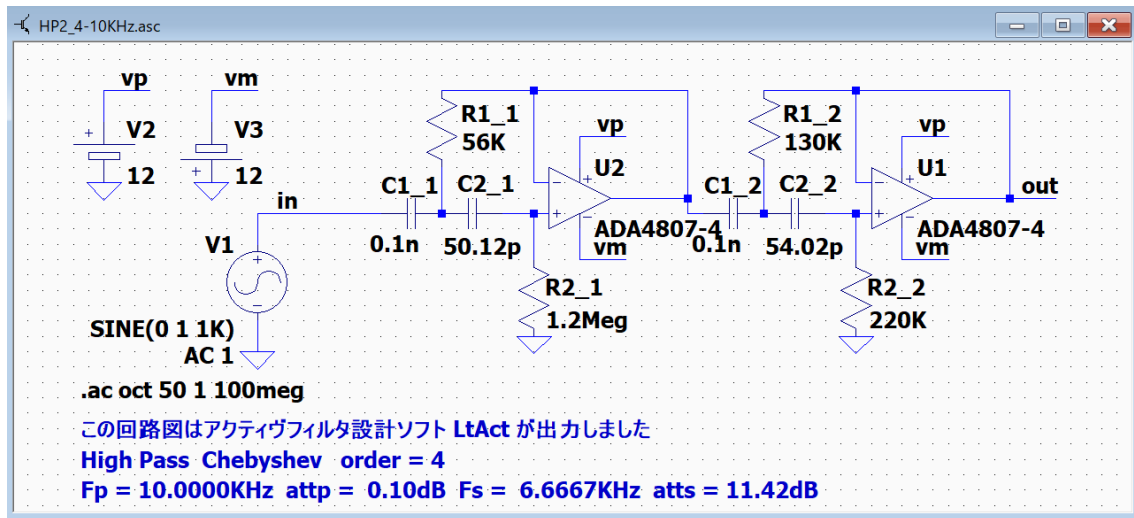
Q 値より  $C1\_1=C1\_2=100\text{p}$  に設定して回路図ファイルを出力して  $V(\text{out})$ を確認します。



基本回路 HP2 のコンデンサ値 4 次 フィルタの設計手順

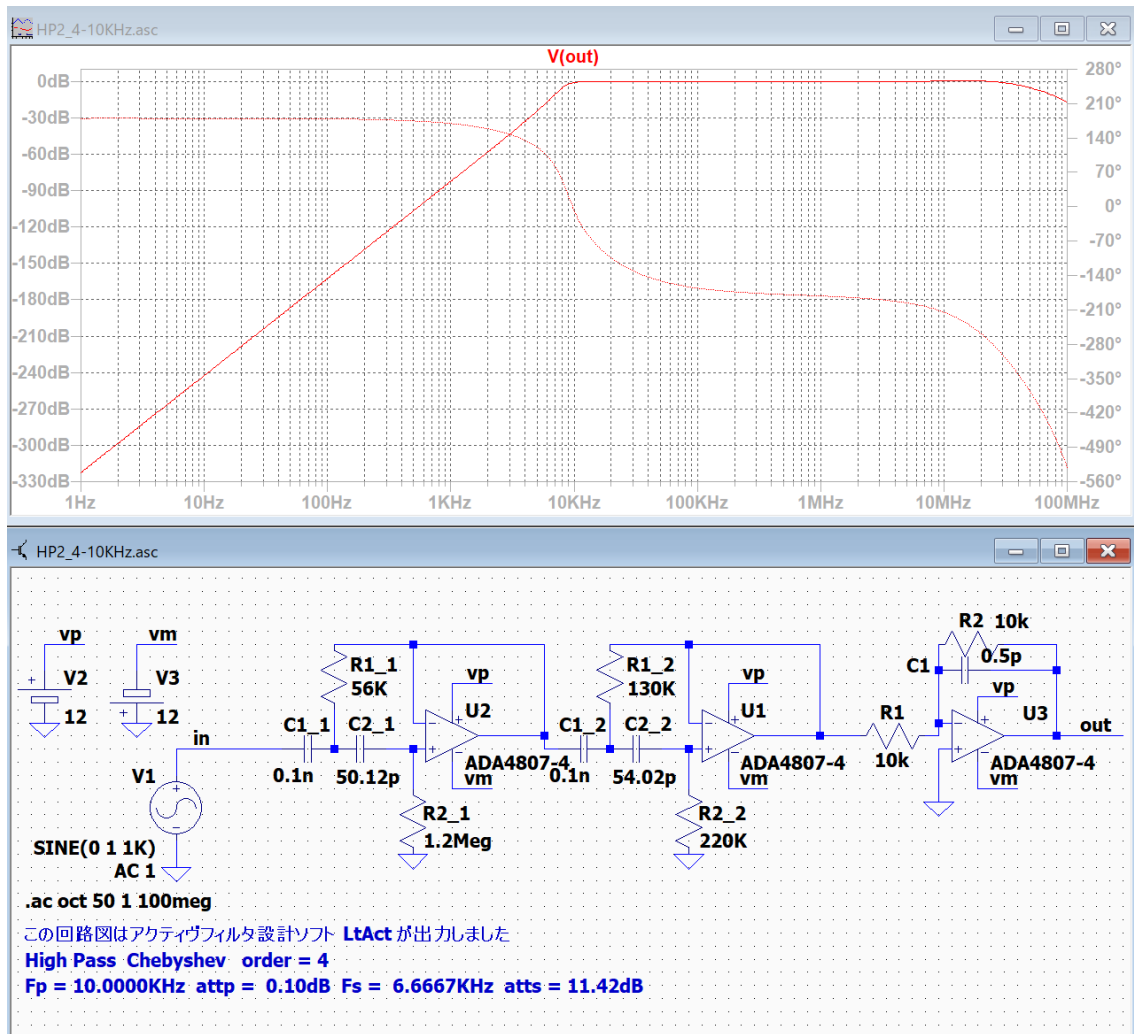


## ハイパスフィルタ



80MHz 付近に 3dB 程度のオーバーシュートがあります。

特に問題は無いですが気になる場合は、次のようにオペアンプを追加して調整します。



基本回路 HP2 のコンデンサ値 4 次 フィルタの設計手順

## ハイパスフィルタ

## バターワース

HP1\_6-1KHz.asc

ハイパス・バターワース 6次 1KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

カットオフ周波数  $F_c$  1 KHz

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_c/F_s$  1.5 倍

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ High Pass Butterworth 次数=6

 $F_p = 1.0000\text{KHz}$   $att_p = 3.0103\text{dB}$   $F_s = 666.6667\text{ Hz}$   $atts = 21.16\text{dB}$ 

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

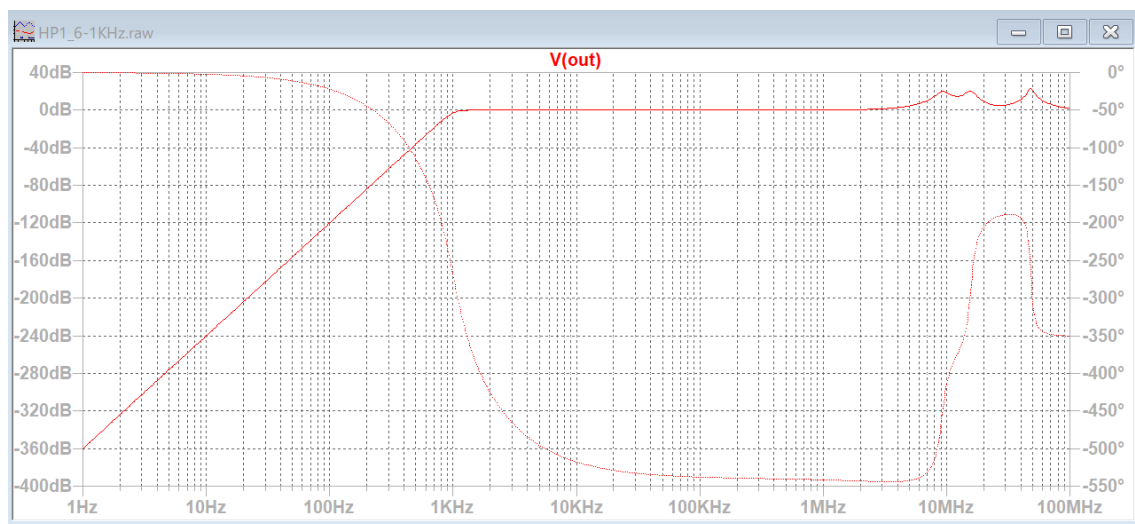
Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	3.2524K	39.4784Meg	1.0000	0	0	Q= 1.9319
2	8.8858K	39.4784Meg	1.0000	0	0	Q= 0.7071
3	12.1382K	39.4784Meg	1.0000	0	0	Q= 0.5176

「まとめ HP1 の C1\_1 の値」より、 $C1\_1 = C1\_2 = C1\_3 = 1\text{n}$  を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。



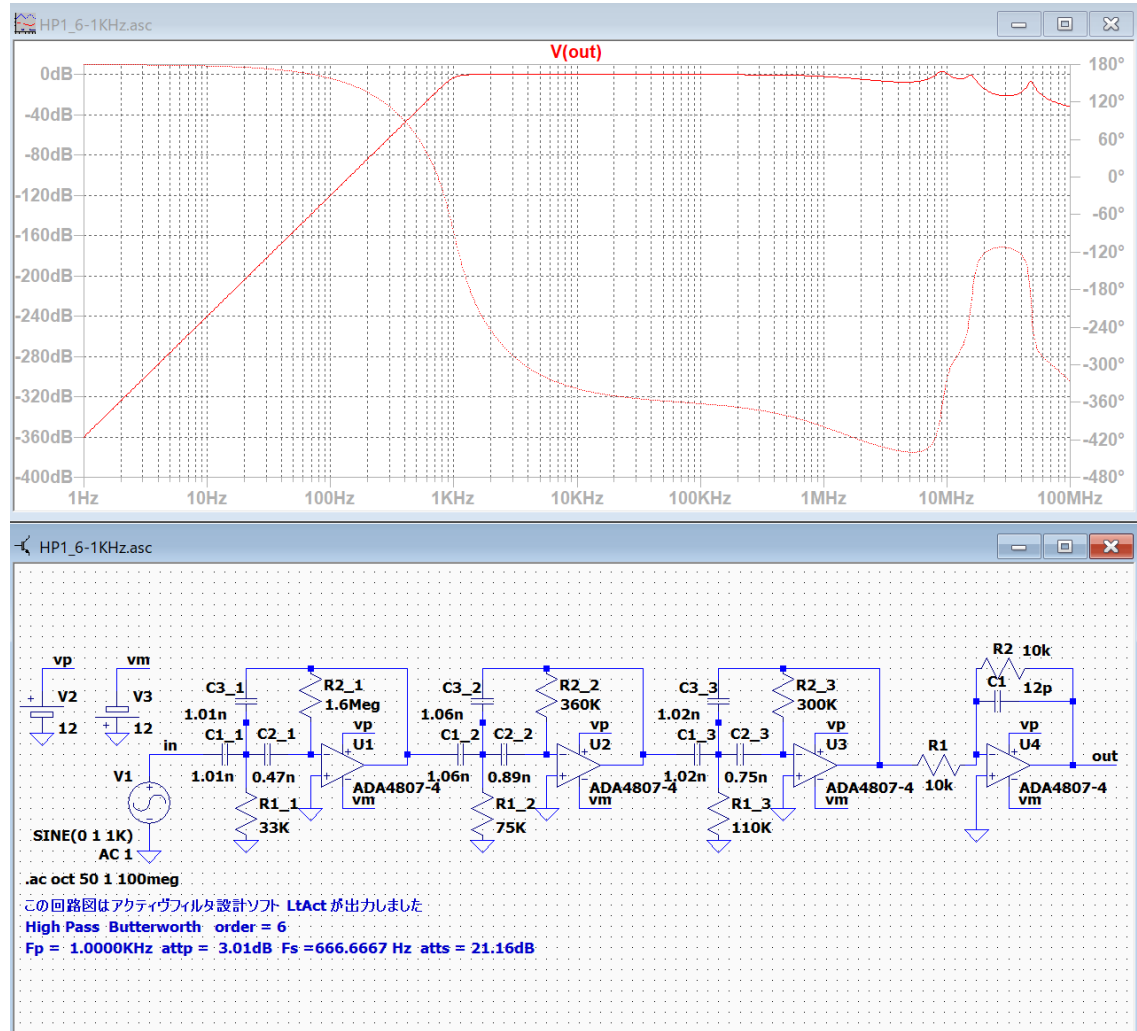
バターワース

HP1\_6-1KHz.asc

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図

10MHz 付近にオーバシュートがあるので、オペアンプを追加して調整する。



## ハイパスフィルタ

HP2\_6-1KHz.asc

ハイパス・バターワース 6次 1KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ハイパスフィルタ	遮断特性	バターワース
設計するフィルタの次数 m(<=58)	6		
カットオフ周波数 Fc	1	KHz	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fc/Fs	1.5	倍	キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アログ High Pass Butterworth 次数=6

Fp = 1.0000KHz attp = 3.0103dB Fs = 666.6667 Hz atts = 21.16dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

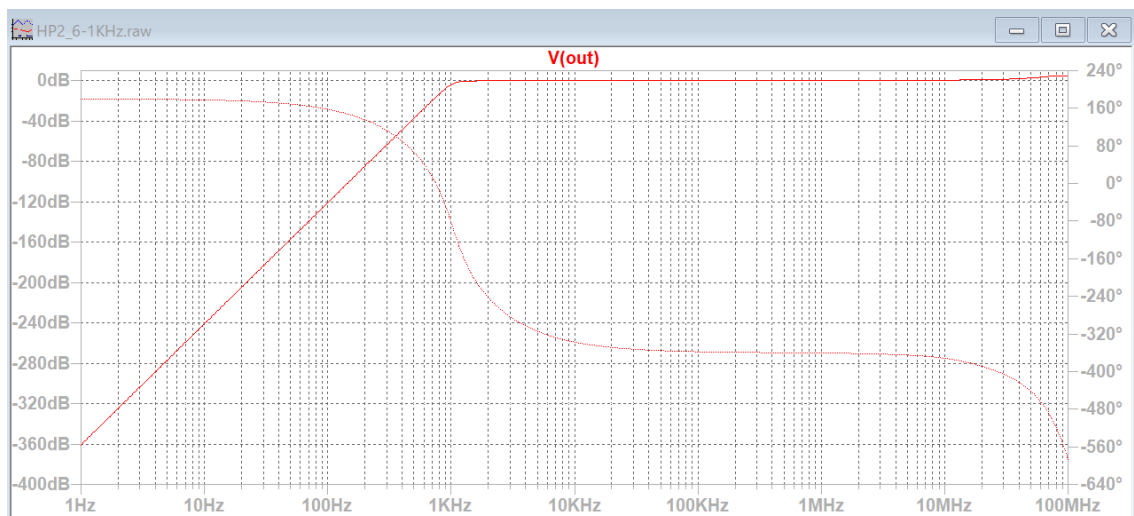
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	3.2524K	39.4784Meg	1.0000	0	0	Q= 1.9319
2	8.8858K	39.4784Meg	1.0000	0	0	Q= 0.7071
3	12.1382K	39.4784Meg	1.0000	0	0	Q= 0.5176

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

「まとめ HP2 の C1\_1 の値」より、C1\_1=C1\_2=C1\_3=1n を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。

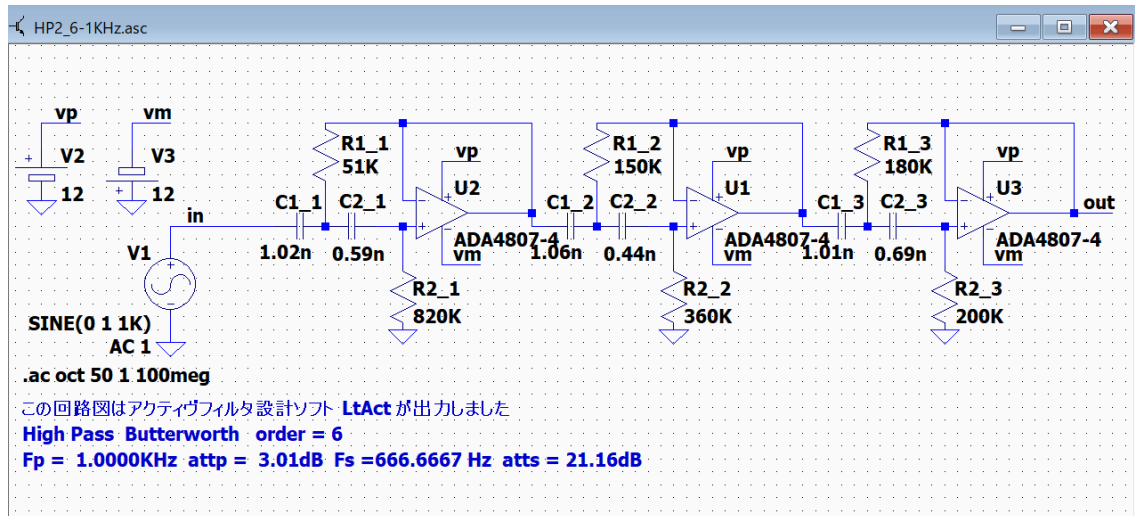


バターワース

HP2\_6-1KHz.asc

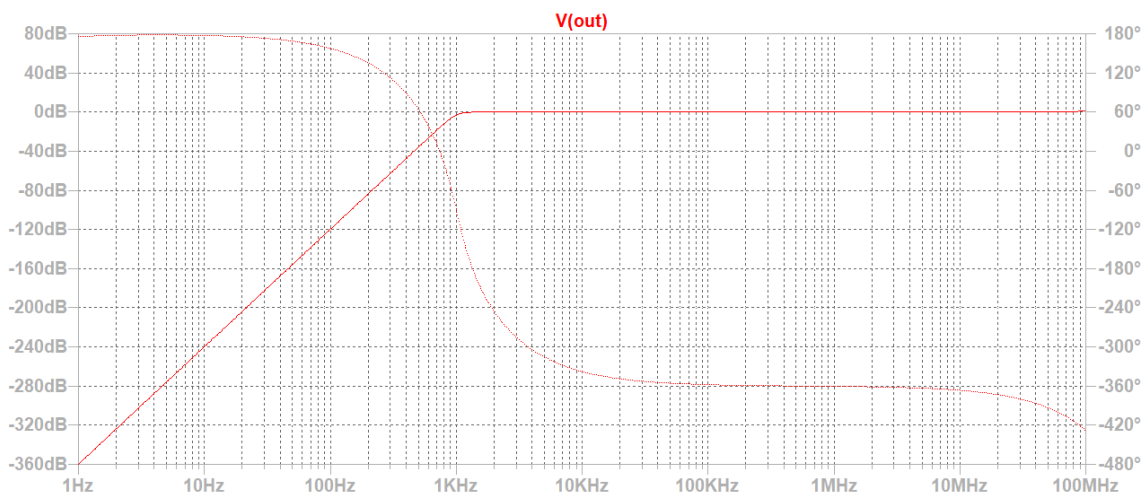
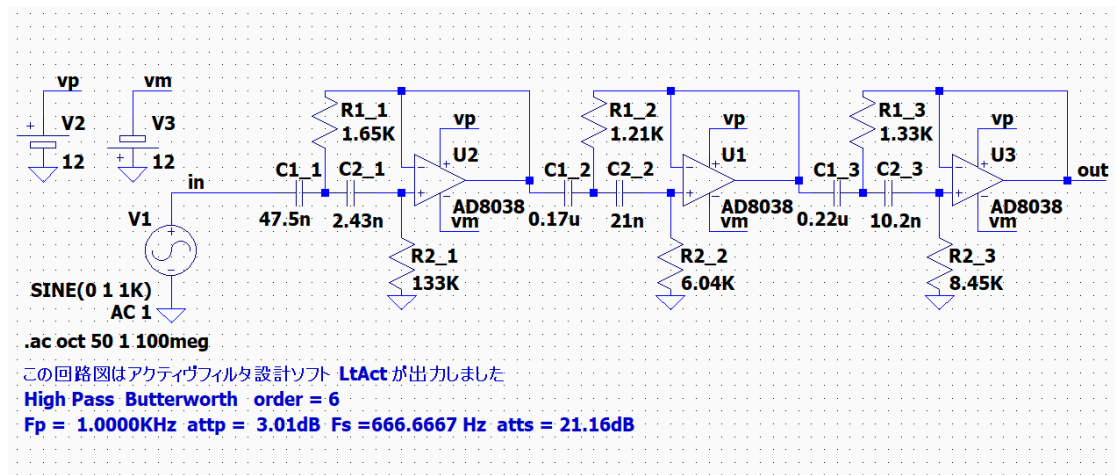
## ハイパスフィルタ

完成した回路図



オーバーシュートはほとんど気になりません。

下図では、100MHz までまったくオーバーシュートが発生しません。



## ハイパスフィルタ

HP1\_6-100KHz.asc

ハイパス・バターワース 6次 100KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$

カットオフ周波数  $F_c$

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_c/F_s$   倍

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ High Pass Butterworth 次数=6

 $F_p = 100.0000\text{KHz}$   $att_p = 3.0103\text{dB}$   $F_s = 66.6667\text{KHz}$   $atts = 21.16\text{dB}$ 

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

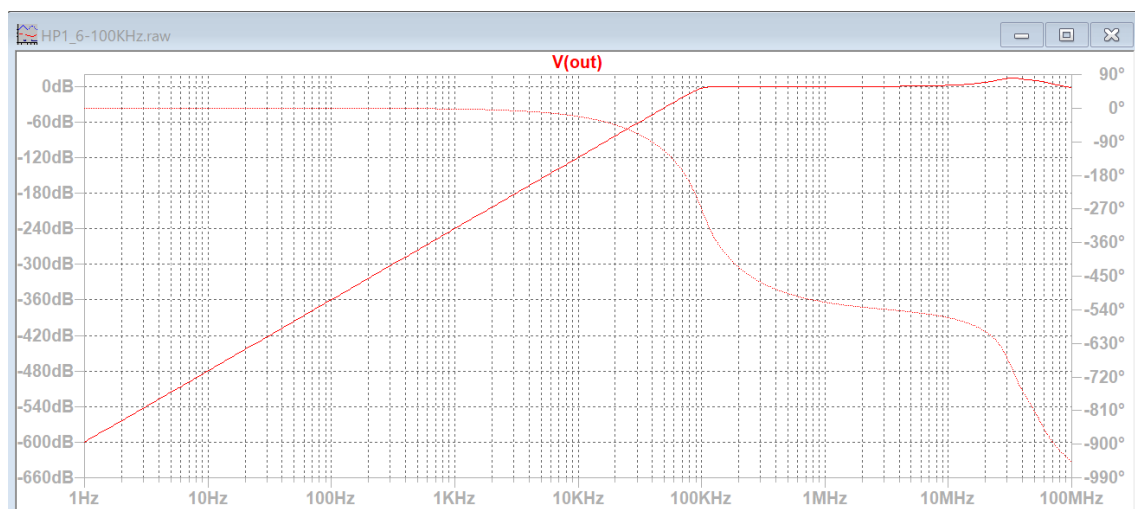
$$Hn = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	325.2416K	394.7842G	1.0000	0	0	Q= 1.9319
2	888.5766K	394.7842G	1.0000	0	0	Q= 0.7071
3	1.2138Meg	394.7842G	1.0000	0	0	Q= 0.5176

「まとめ HP1 の C1\_1 の値」より、

C1\_1=50p, C1\_2=50p, C1\_3=50p を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。



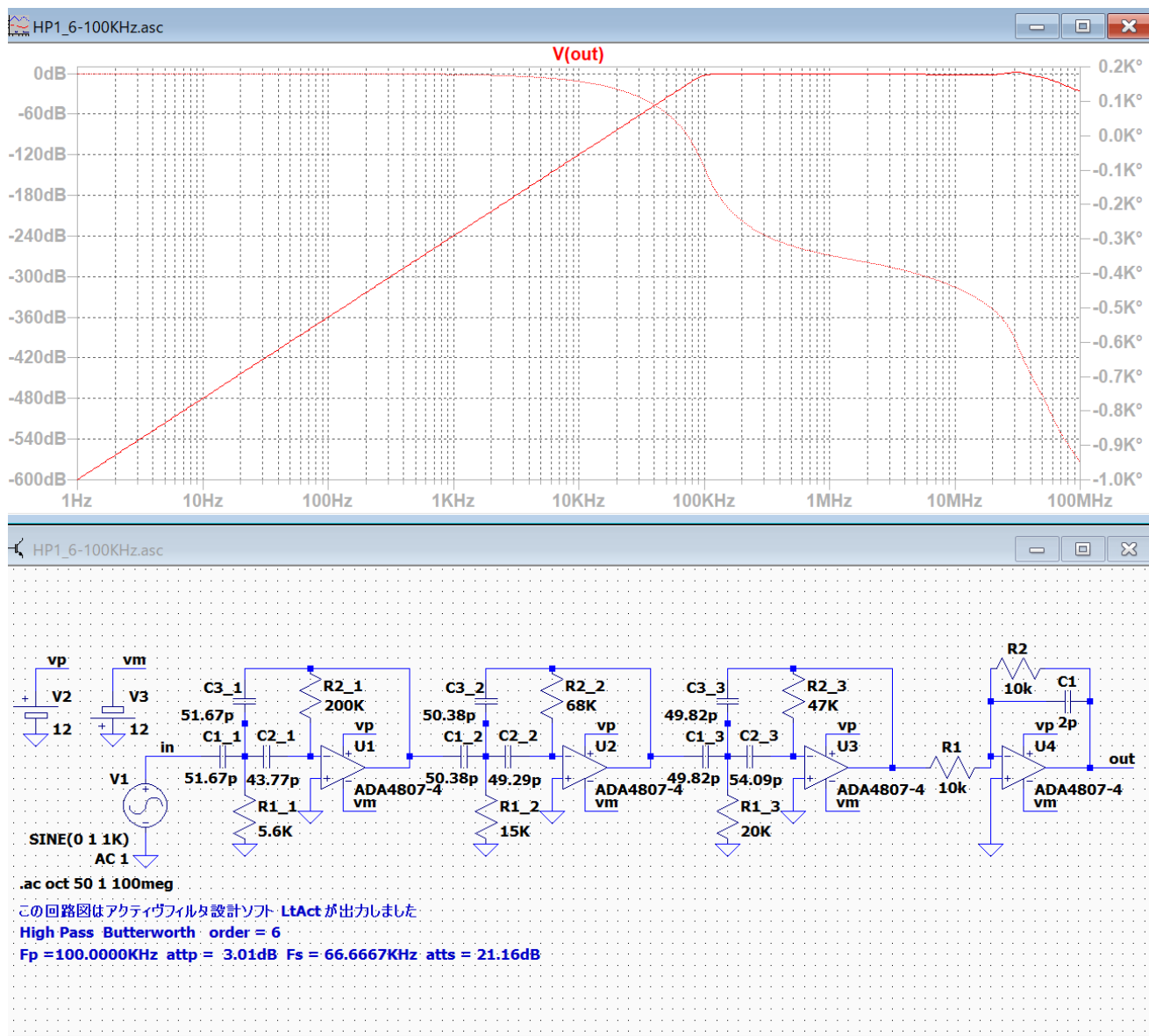
30MHz 付近にオーバシュートがあるので、U3 の後段にオペアンプを追加して調整する。

バターワース

HP1\_6-100KHz.asc

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\バターワース\test\HP1\_6-

100KHz.asc 作成日時 Thu Nov 26 15:57:40 2020

アナログ High Pass Butterworth 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 3.0103dB Fs = 66.6667KHz atts = 21.16dB

1 (HP1) R1\_1 = 5.6000K R2\_1 = 200.0000K

C1\_1 = C3\_1 = 51.6741p C2\_1 = 43.7672p 誤差 = 1.7530 %

2 (HP1) R1\_2 = 15.0000K R2\_2 = 68.0000K

C1\_2 = C3\_2 = 50.3801p C2\_2 = 49.2925p 誤差 = 3.4640 %

3 (HP1) R1\_3 = 20.0000K R2\_3 = 47.0000K

C1\_3 = C3\_3 = 49.8232p C2\_3 = 54.0855p 誤差 = 3.5397 %



## ハイパスフィルタ

HP2\_6-100KHz.asc

ハイパス・バターワース 6次 100KHz

設計パラメータの入力

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アログ High Pass Butterworth 次数=6

Fp=100.0000KHz attp= 3.0103dB Fs= 66.6667KHz atts= 21.16dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

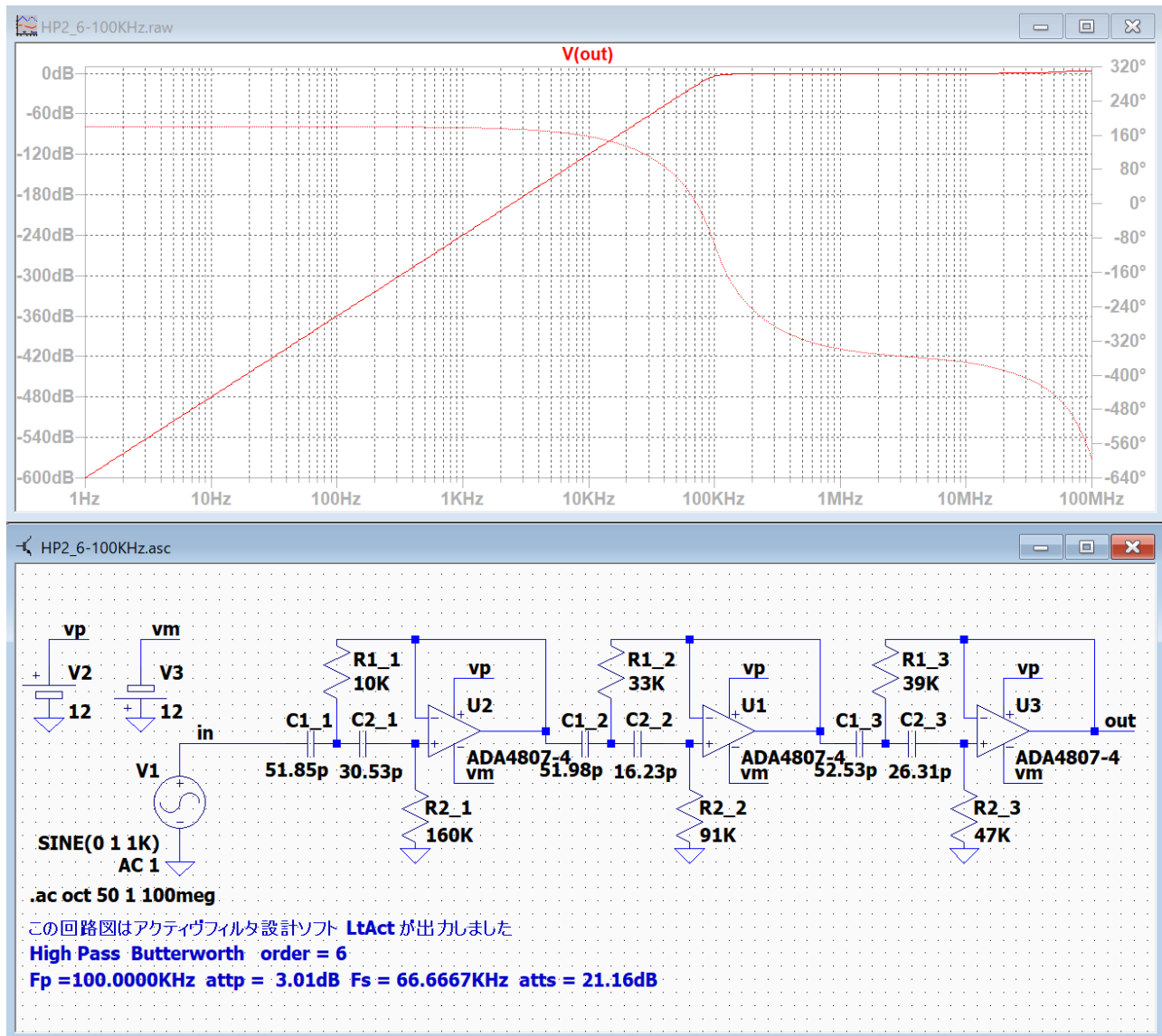
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	325.2416K	394.7842G	1.0000	0	0	Q= 1.9319
2	888.5766K	394.7842G	1.0000	0	0	Q= 0.7071
3	1.2138Meg	394.7842G	1.0000	0	0	Q= 0.5176

「まとめ HP2 の C1\_1 の値」より、

C1\_1=50p, C1\_2=50p, C1\_3=50p を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\バターワース\test\HP2\_6-

100KHz.asc 作成日時 Thu Nov 26 16:11:22 2020

アナログ High Pass Butterworth 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 3.0103dB Fs = 66.6667KHz atts = 21.16dB

1 (HP2) R1\_1 = 10.0000K R2\_1 = 160.0000K

C1\_1 = 51.8537p C2\_1 = 30.5310p 誤差 = 1.7391 %

2 (HP2) R1\_2 = 33.0000K R2\_2 = 91.0000K

C1\_2 = 51.9777p C2\_2 = 16.2281p 誤差 = 1.4057 %

3 (HP2) R1\_3 = 39.0000K R2\_3 = 47.0000K

C1\_3 = 52.5298p C2\_3 = 26.3070p 誤差 = 2.6342 %

## ハイパスフィルタ

HP1\_6-1MHz.asc

ハイパス・バターワース 6次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ハイパスフィルタ	遮断特性	バターワース
設計するフィルタの次数 m(<=58)	3		
カットオフ周波数 Fc	1	Meg	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fc/Fs	1.5	倍	キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アログ High Pass Butterworth 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 3.0103dB Fs =666.6667KHz atts = 21.16dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

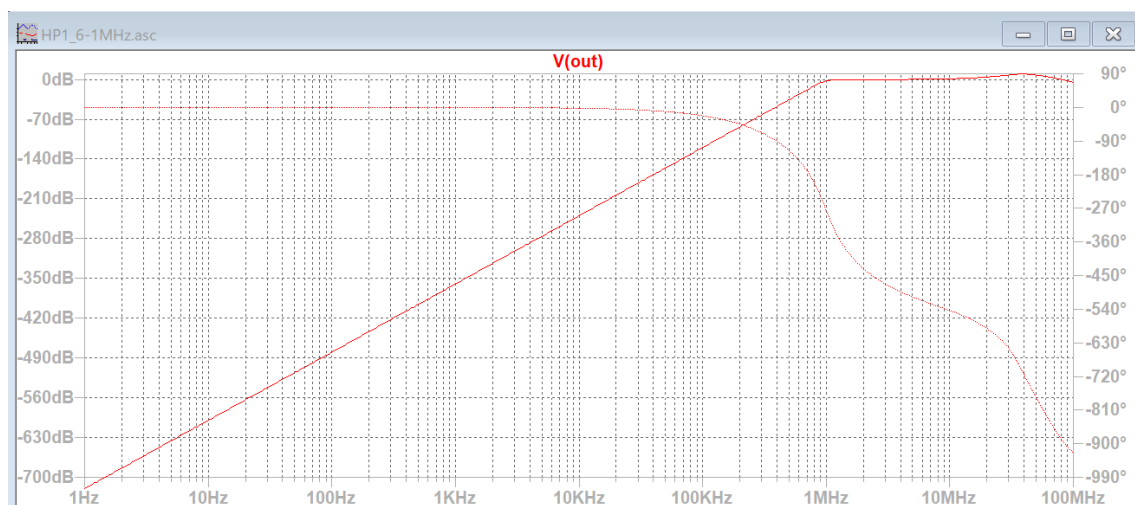
Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	3.2524Meg	39.4784T	1.0000	0	0	Q= 1.9319
2	8.8858Meg	39.4784T	1.0000	0	0	Q= 0.7071
3	12.1382Meg	39.4784T	1.0000	0	0	Q= 0.5176

「まとめ HP1 の C1\_1 の値」より、C1\_1= C1\_2= C1\_3=30p を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。



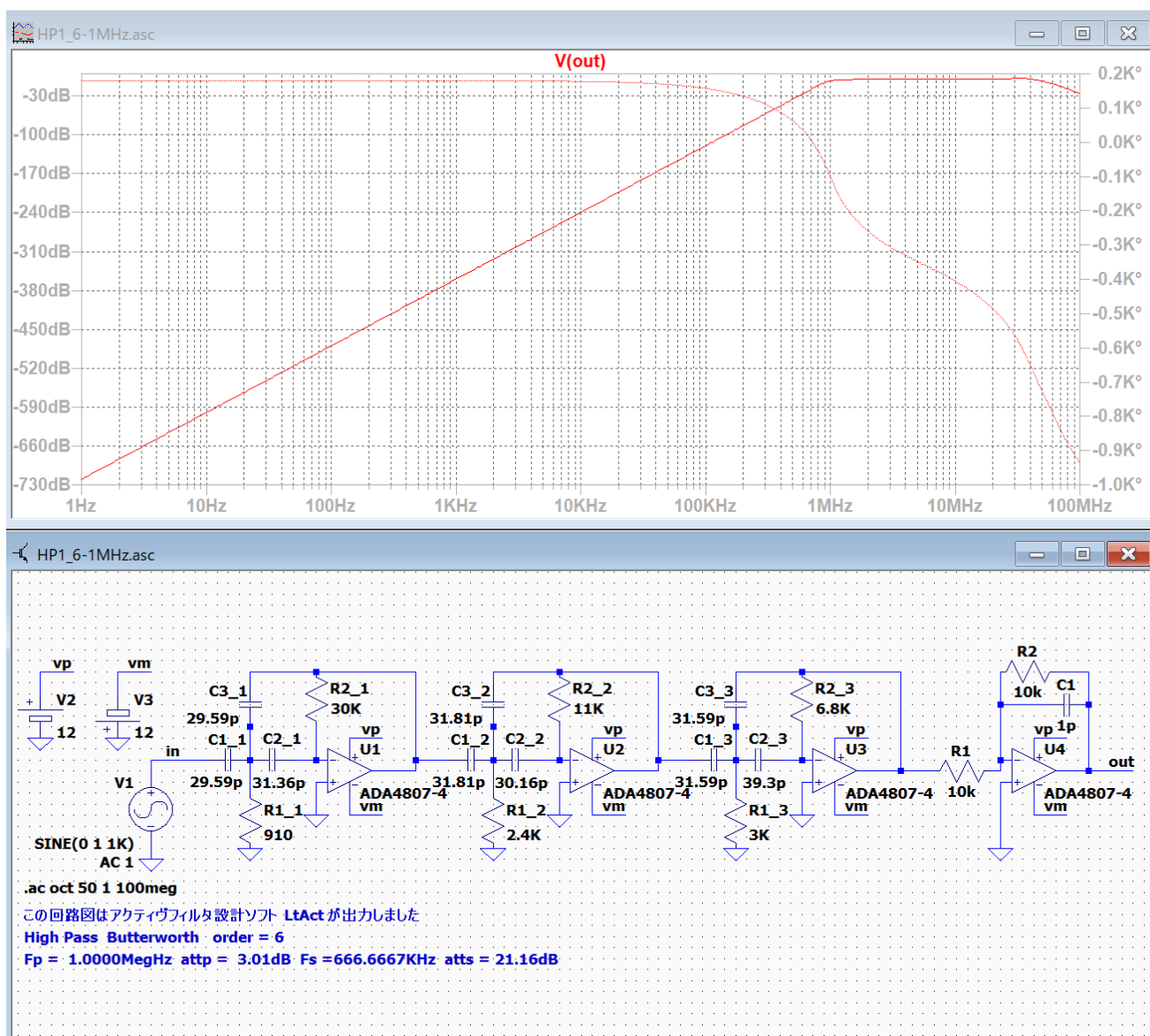
40MHz 付近にオーバシュートがあるので、U3 の後段にオペアンプを追加して調整する。

バターワース

HP1\_6-1MHz.asc

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\バターワース\test\HP1\_6-1MHz.asc

作成日時 Thu Nov 26 16:19:02 2020

アナログ High Pass Butterworth 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 3.0103dB Fs =666.6667KHz atts = 21.16dB

1 (HP1) R1\_1 = 910.0000 R2\_1 = 30.0000K

C1\_1 = C3\_1 = 29.5855p C2\_1 = 31.3617p 誤差 = 4.3419 %

2 (HP1) R1\_2 = 2.4000K R2\_2 = 11.0000K

C1\_2 = C3\_2 = 31.8101p C2\_2 = 30.1628p 誤差 = 0.5397 %

3 (HP1) R1\_3 = 3.0000K R2\_3 = 6.8000K

C1\_3 = C3\_3 = 31.5923p C2\_3 = 39.3032p 誤差 = 0.7715 %

## ハイパスフィルタ

HP2\_6-1MHz.asc

ハイパス・バターワース 6次 1MHz

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アログ High Pass Butterworth 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 3.0103dB Fs = 666.6667KHz atts = 21.16dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

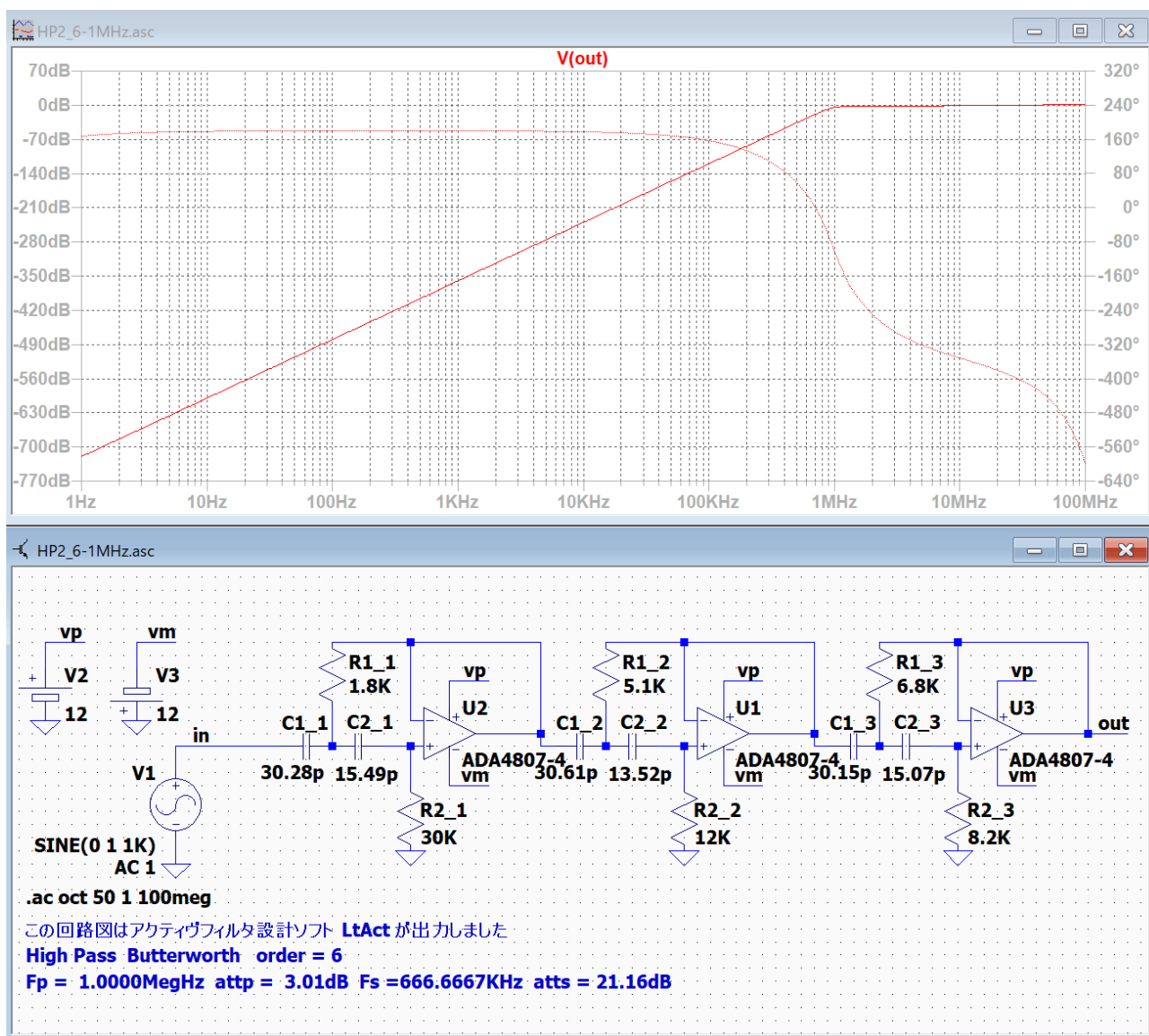
2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	3.2524Meg	39.4784T	1.0000	0	0	Q= 1.9319
2	8.8858Meg	39.4784T	1.0000	0	0	Q= 0.7071
3	12.1382Meg	39.4784T	1.0000	0	0	Q= 0.5176

「まとめ HP2 の C1\_1 の値」より、C1\_1= C1\_2= C1\_3=30p を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図





## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\バターワース\test\HP2\_6-1MHz.asc

作成日時 Thu Nov 26 16:32:52 2020

アナログ High Pass Butterworth 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 3.0103dB Fs =666.6667KHz atts = 21.16dB

1 (HP2) R1\_1 = 1.8000K R2\_1 = 30.0000K

C1\_1 = 30.2756p C2\_1 = 15.4936p 誤差 = 3.1861 %

2 (HP2) R1\_2 = 5.1000K R2\_2 = 12.0000K

C1\_2 = 30.6129p C2\_2 = 13.5202p 誤差 = 3.8478 %

3 (HP2) R1\_3 = 6.8000K R2\_3 = 8.2000K

C1\_3 = 30.1463p C2\_3 = 15.0690p 誤差 = 0.4577 %

## ハイパスフィルタ

## チェビシェフ

HP1\_6-1KHz.asc

ハイパス・チェビシェフ 6次 1KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ

遮断特性 チェビシェフ

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  6

カットオフ周波数  $F_c$  1 KHz

周波数 $F_c$ における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を $F_s$ として、 $X_s =$  1.5 倍

OK キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ High Pass Chebyshev 次数=6

 $F_p = 1.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 666.6667\text{ Hz}$   $atts = 27.82\text{dB}$ 

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

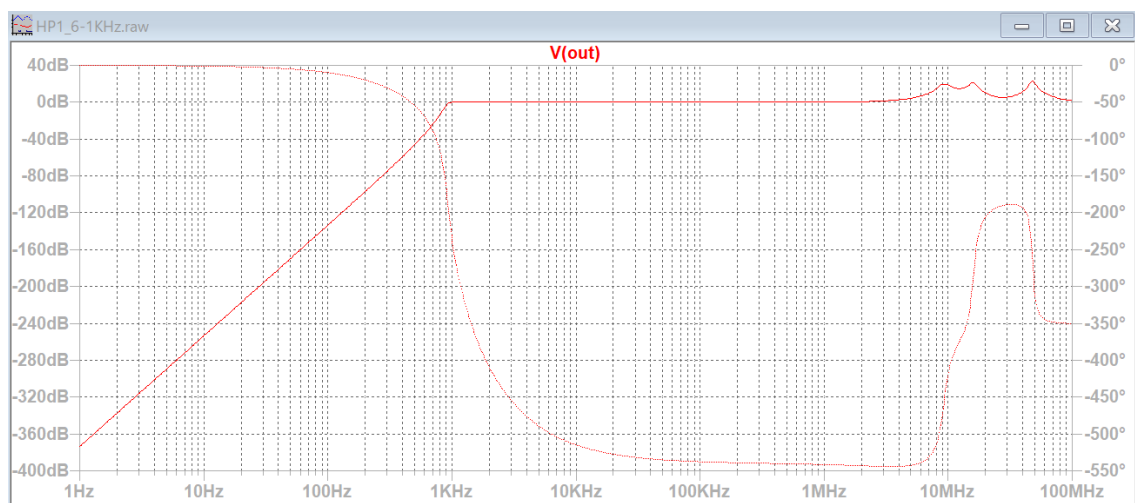
Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	1.2762K	34.9556Meg	1.0000	0	0	Q= 4.6329
2	5.6545K	56.6914Meg	1.0000	0	0	Q= 1.3316
3	20.4241K	149.9021Meg	1.0000	0	0	Q= 0.5995

「まとめ HP1 の C1\_1 の値」より、 $C1\_1 = C1\_2 = C1\_3 = 1\text{n}$  を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。



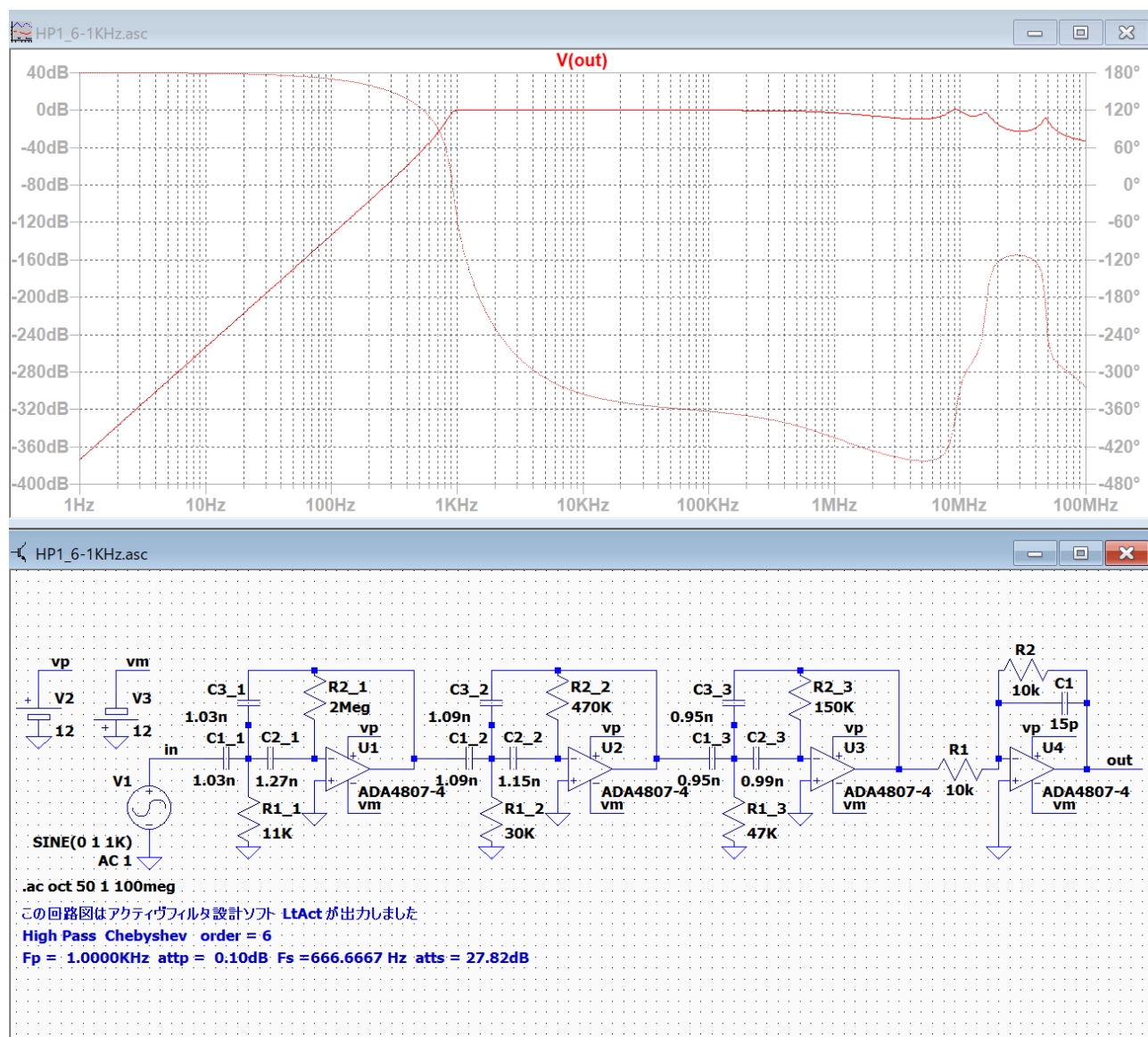
チェビシェフ

HP1\_6-1KHz.asc

## ハイパスフィルタ

10MHz 付近にオーバーシュートがあるので、U3 の後ろにオペアンプを追加して調整する。

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\チェビシェフ\test\HP1\_6-1KHz.asc

作成日時 Thu Nov 26 18:27:54 2020

アナログ High Pass Chebyshev 次数=6

Fp = 1.0000KHz attp = 0.1000dB Fs =666.6667 Hz atts = 27.82dB

1 (HP1) R1\_1 = 11.0000K R2\_1 = 2.0000Meg

C1\_1 = C3\_1 = 1.0254n C2\_1 = 1.2682n 誤差 = 2.5088 %

2 (HP1) R1\_2 = 30.0000K R2\_2 = 470.0000K

C1\_2 = C3\_2 = 1.0868n C2\_2 = 1.1511n 誤差 = 4.2503 %

3 (HP1) R1\_3 = 47.0000K R2\_3 = 150.0000K

C1\_3 = C3\_3 = 0.9530n C2\_3 = 0.9929n 誤差 = 0.7163 %

## ハイパスフィルタ

HP2\_6-1KHz.asc

ハイパス・チェビシェフ 6次 1KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  3

カットオフ周波数  $F_c$  1 KHz

周波数 $F_c$ における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を $F_s$ として、 $X_s =$  1.5 倍

遮断特性 チェビシェフ

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ High Pass Chebyshev 次数=6

 $F_p = 1.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 666.6667\text{ Hz}$   $atts = 27.82\text{dB}$ 

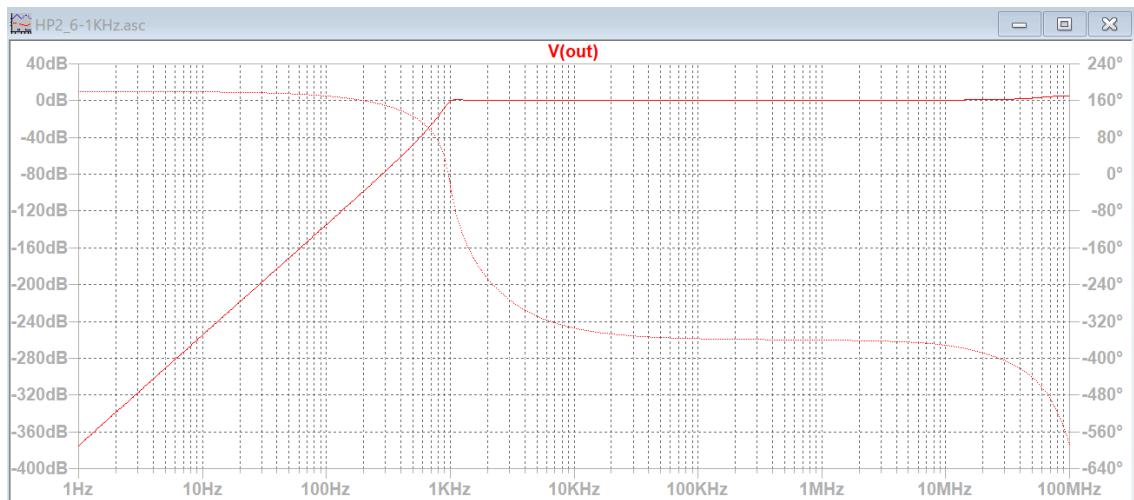
2次式の形式

$$H_n = \frac{P_{n_2} * s^2 + P_{n_3} * s + P_{n_4}}{s^2 + P_{n_0} * s + P_{n_1}}$$

2次式

n	$P_{n_0}$	$P_{n_1}$	$P_{n_2}$	$P_{n_3}$	$P_{n_4}$	
1	1.2762K	34.9556Meg	1.0000	0	0	$Q = 4.6329$
2	5.6545K	56.6914Meg	1.0000	0	0	$Q = 1.3316$
3	20.4241K	149.9021Meg	1.0000	0	0	$Q = 0.5995$

「まとめ HP2 の  $C1\_1$  の値」より、 $C1\_1 = C1\_2 = C1\_3 = 1\text{n}$  を設定して回路図を出力して  $V(\text{out})$ を確認する。



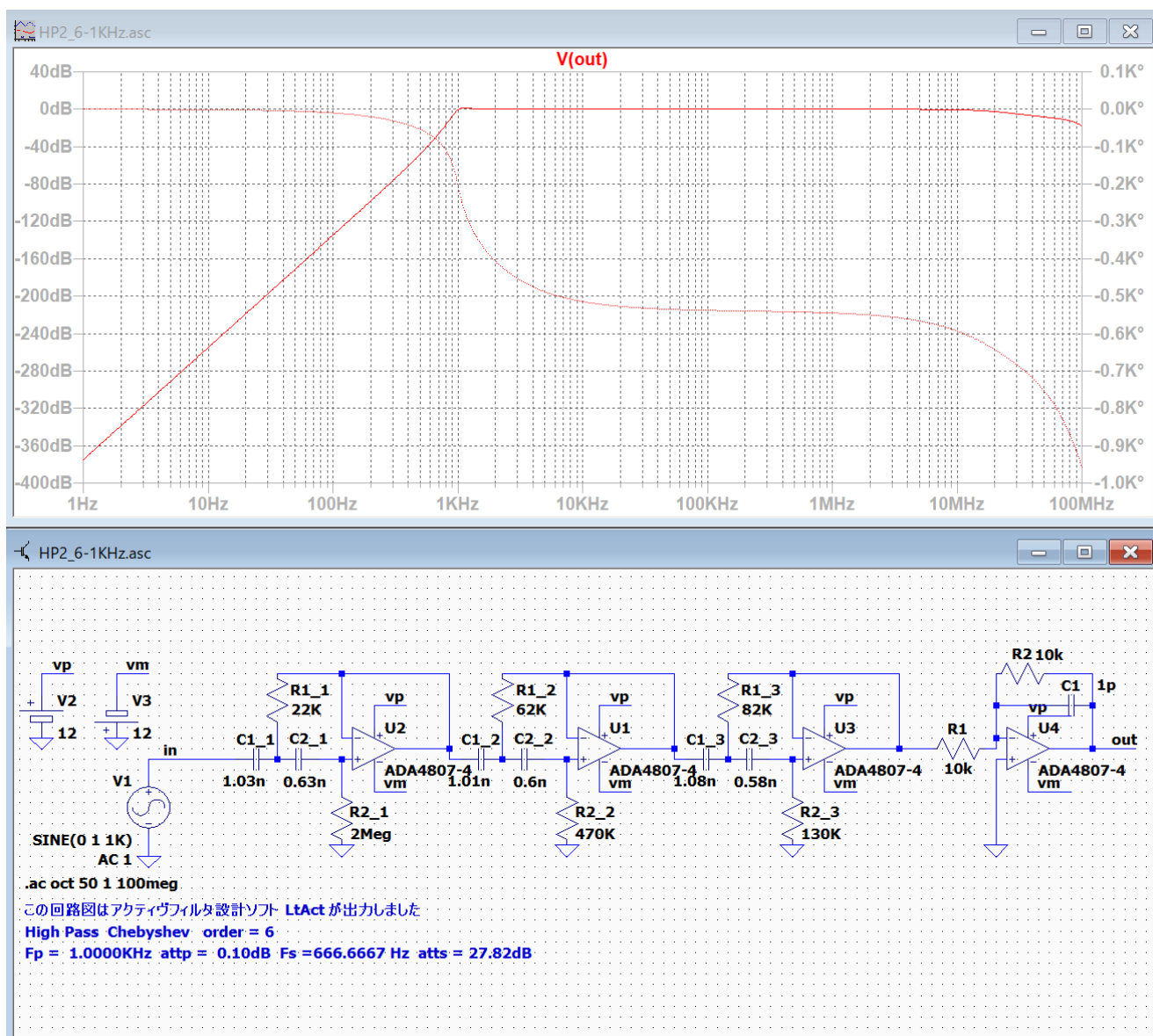
90MHz 付近にオーバシュートがあるので、U3 の後ろにオペアンプを追加して調整する。

チェビシェフ

HP2\_6-1KHz.asc

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\チェビシェフ\test\HP2\_6-1KHz.asc

作成日時 Thu Nov 26 18:41:59 2020

アナログ High Pass Chebyshev 次数=6

Fp = 1.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 666.6667 Hz atts = 27.82dB

1 (HP2) R1\_1 = 22.0000K R2\_1 = 2.0000Meg

C1\_1 = 1.0254n C2\_1 = 0.6341n 誤差 = 2.2223 %

2 (HP2) R1\_2 = 62.0000K R2\_2 = 470.0000K

C1\_2 = 1.0085n C2\_2 = 0.6002n 誤差 = 3.2961 %

3 (HP2) R1\_3 = 82.0000K R2\_3 = 130.0000K

C1\_3 = 1.0846n C2\_3 = 0.5770n 誤差 = 2.9446 %

## ハイパスフィルタ

HP1\_6-100KHz.asc

ハイパス・チェビシェフ 6次 100KHz

設計パラメータの入力

✕

フィルタの種類	ハイパスフィルタ	遮断特性	チェビシェフ
設計するフィルタの次数 m(<=58)	3		
カットオフ周波数 Fc	100	KHz	
周波数Fcにおける減衰量又はリプル attp	0.1	dB	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs =	1.5	倍	キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ High Pass Chebyshev 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 66.6667KHz atts = 27.82dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

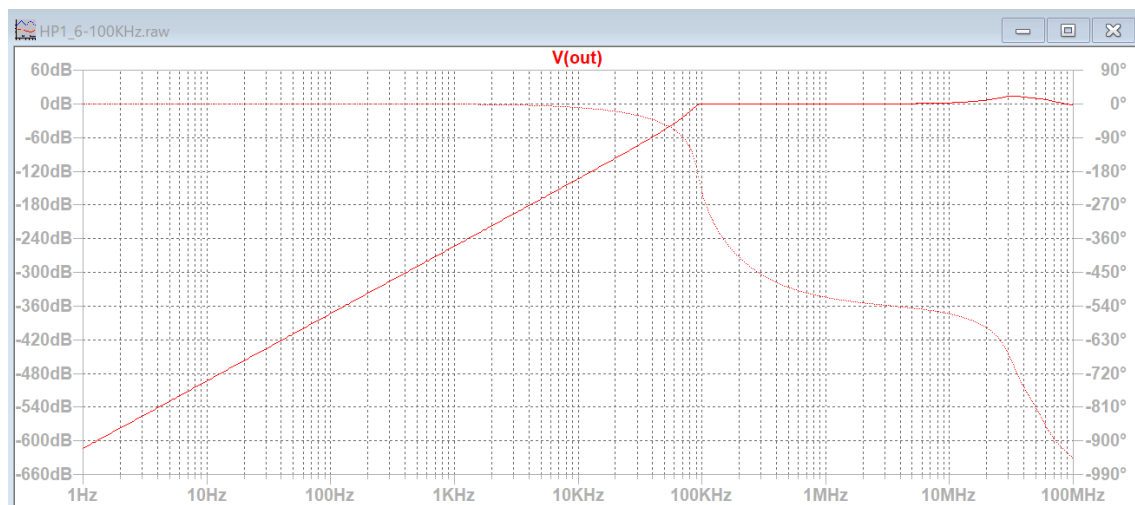
Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	127.6161K	349.5562G	1.0000	0	0	Q= 4.6329
2	565.4502K	566.9139G	1.0000	0	0	Q= 1.3316
3	2.0424Meg	1.4990T	1.0000	0	0	Q= 0.5995

「まとめ HP1 の C1\_1 の値」より、C1\_1= C1\_2= C1\_3=50p を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。



30MHz 付近にオーバシュートがあるので、U3 の後ろにオペアンプを追加して調整する。

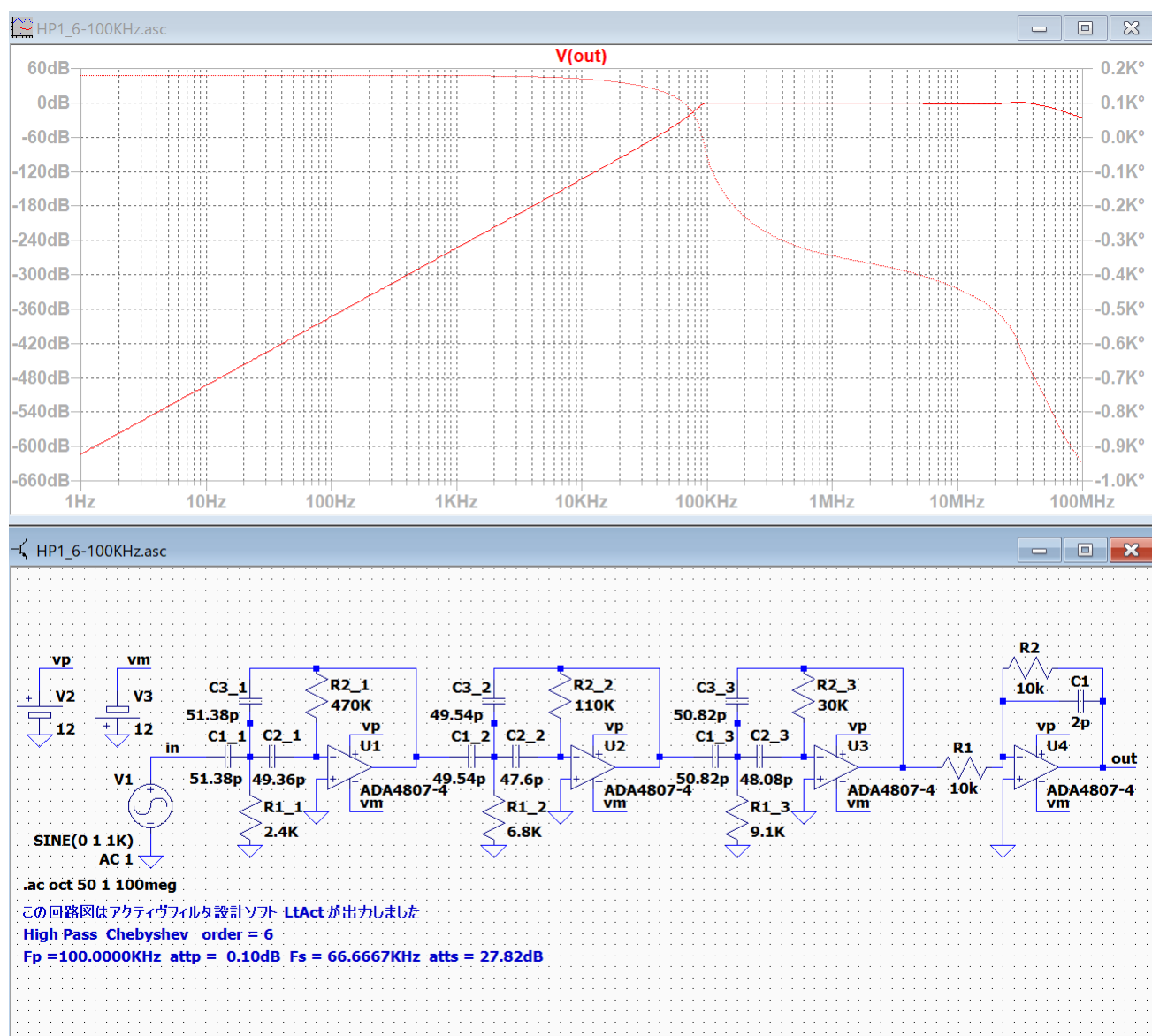
チェビシェフ

HP1\_6-100KHz.asc



## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\チェビシェフ\test\HP1\_6-

100KHz.asc 作成日時 Thu Nov 26 18:55:07 2020

アナログ High Pass Chebyshev 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 66.6667KHz atts = 27.82dB

1 (HP1) R1\_1 = 2.4000K R2\_1 = 470.0000K

C1\_1 = C3\_1 = 51.3764p C2\_1 = 49.3640p 誤差 = 3.3142 %

2 (HP1) R1\_2 = 6.8000K R2\_2 = 110.0000K

C1\_2 = C3\_2 = 49.5372p C2\_2 = 47.6047p 誤差 = 1.2702 %

3 (HP1) R1\_3 = 9.1000K R2\_3 = 30.0000K

C1\_3 = C3\_3 = 50.8216p C2\_3 = 48.0819p 誤差 = 2.2500 %

## ハイパスフィルタ

HP2\_6-100KHz.asc

ハイパス・チェビシエフ 6次 100KHz

設計パラメータの入力

✕

フィルタの種類	ハイパスフィルタ	遮断特性	チェビシエフ
設計するフィルタの次数 m(<=58)	3		
カットオフ周波数 Fc	100	KHz	
周波数Fcにおける減衰量又はリプル attp	0.1	dB	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs =	1.5	倍	キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アログ High Pass Chebyshev 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 66.6667KHz atts = 27.82dB

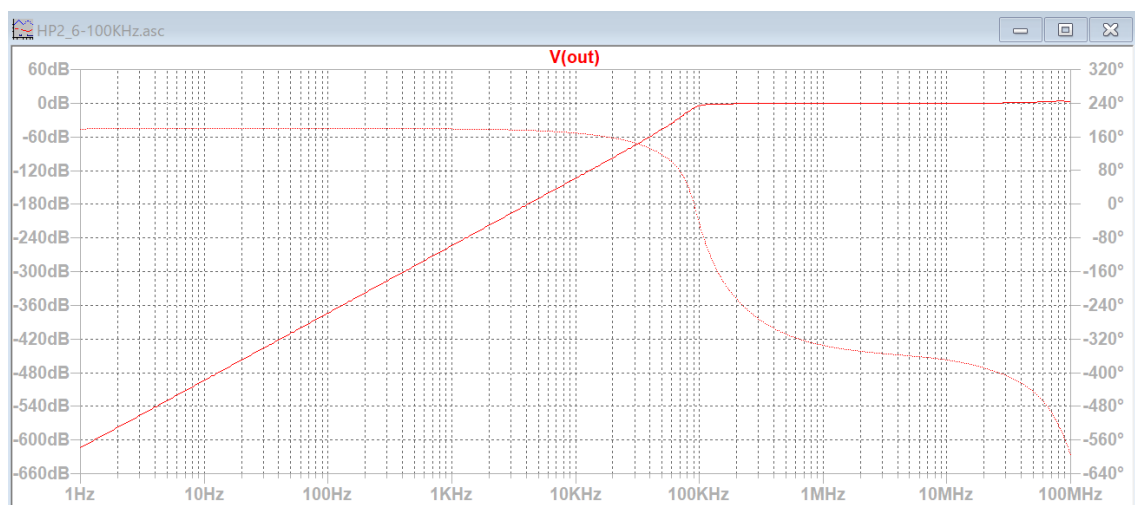
2次式の形式

$$H_n = \frac{P_{n_2} * s^2 + P_{n_3} * s + P_{n_4}}{s^2 + P_{n_0} * s + P_{n_1}}$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	127.6161K	349.5562G	1.0000	0	0	Q= 4.6329
2	565.4502K	566.9139G	1.0000	0	0	Q= 1.3316
3	2.0424Meg	1.4990T	1.0000	0	0	Q= 0.5995

「まとめ HP2 の C1\_1 の値」より、C1\_1= C1\_2= C1\_3=50p を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。



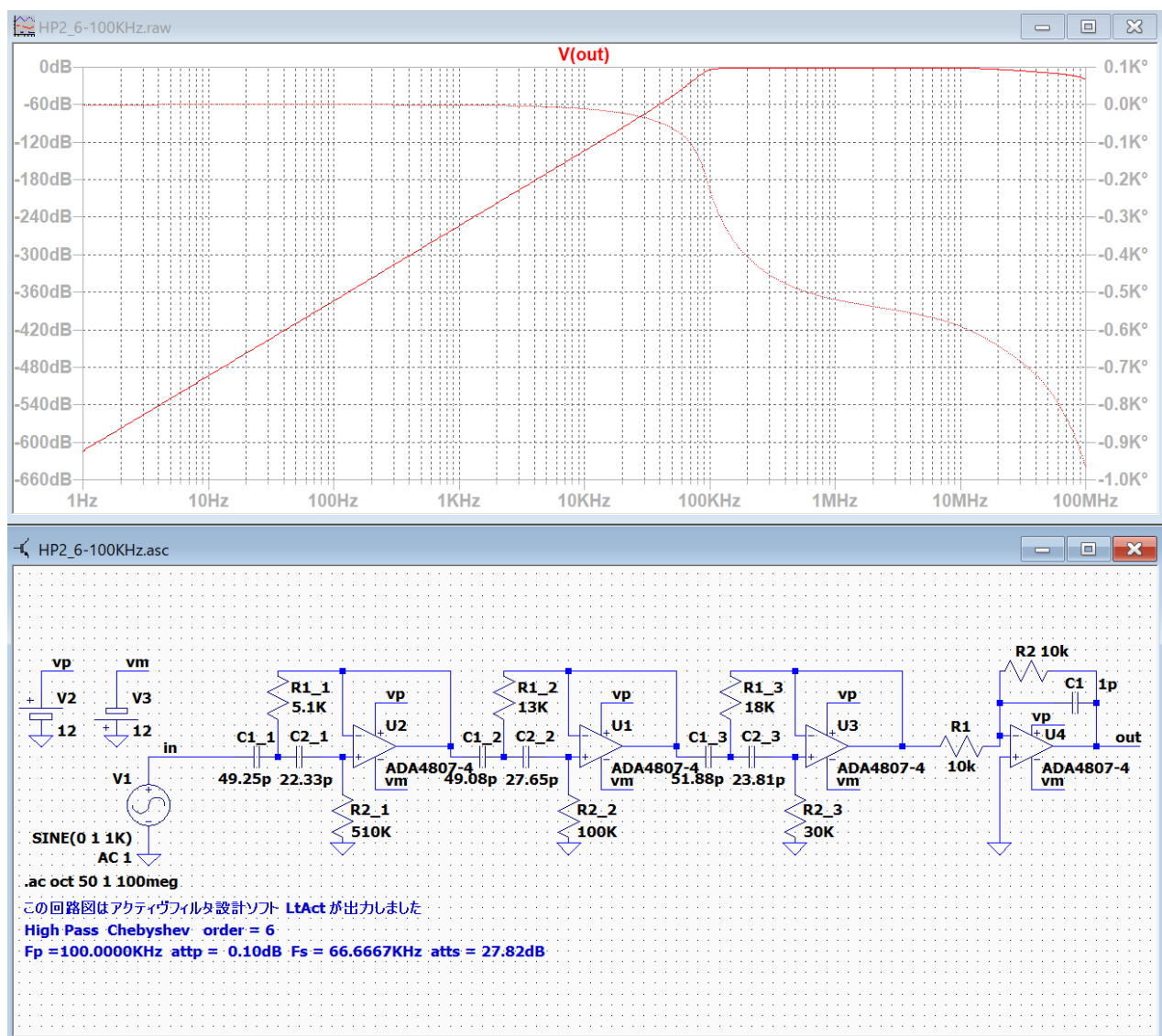
80MHz 付近にオーバシュートがあるので、U3 の後ろにオペアンプを追加して調整する。

チェビシエフ

HP2\_6-100KHz.asc

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\チェビシェフ\test\HP2\_6-

100KHz.asc 作成日時 Thu Nov 26 19:02:34 2020

アナログ High Pass Chebyshev 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 66.6667KHz atts = 27.82dB

1 (HP2) R1\_1 = 5.1000K R2\_1 = 510.0000K

C1\_1 = 49.2535p C2\_1 = 22.3309p 誤差 = 1.4816 %

2 (HP2) R1\_2 = 13.0000K R2\_2 = 100.0000K

C1\_2 = 49.0761p C2\_2 = 27.6484p 誤差 = 2.3451 %

3 (HP2) R1\_3 = 18.0000K R2\_3 = 30.0000K

C1\_3 = 51.8841p C2\_3 = 23.8103p 誤差 = 0.7968 %

## ハイパスフィルタ

HP1\_6-1MHz.asc

ハイパス・チェビシェフ 6次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$

カットオフ周波数  $F_c$   Meg

周波数  $F_c$  における減衰量又はリプル  $att_p$   dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s =$   倍

遮断特性 チェビシェフ

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アログ High Pass Chebyshev 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 666.6667KHz atts = 27.82dB

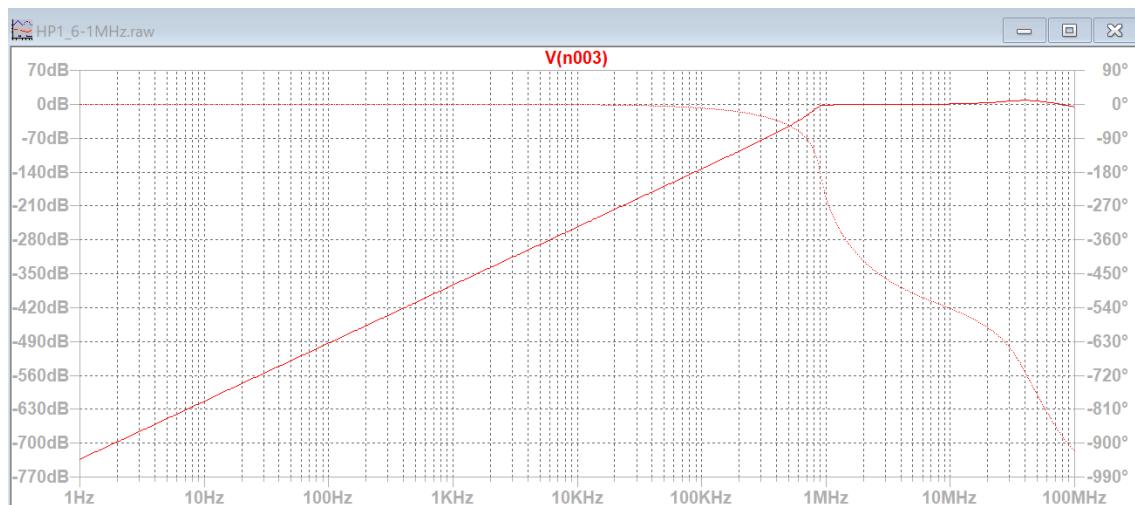
2次式の形式

$$H_n = \frac{P_{n_2} * s^2 + P_{n_3} * s + P_{n_4}}{s^2 + P_{n_0} * s + P_{n_1}}$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	1.2762Meg	34.9556T	1.0000	0	0	Q= 4.6329
2	5.6545Meg	56.6914T	1.0000	0	0	Q= 1.3316
3	20.4241Meg	149.9021T	1.0000	0	0	Q= 0.5995

「まとめ HP2 の C1\_1 の値」より、C1\_1= C1\_2= C1\_3=30p を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。



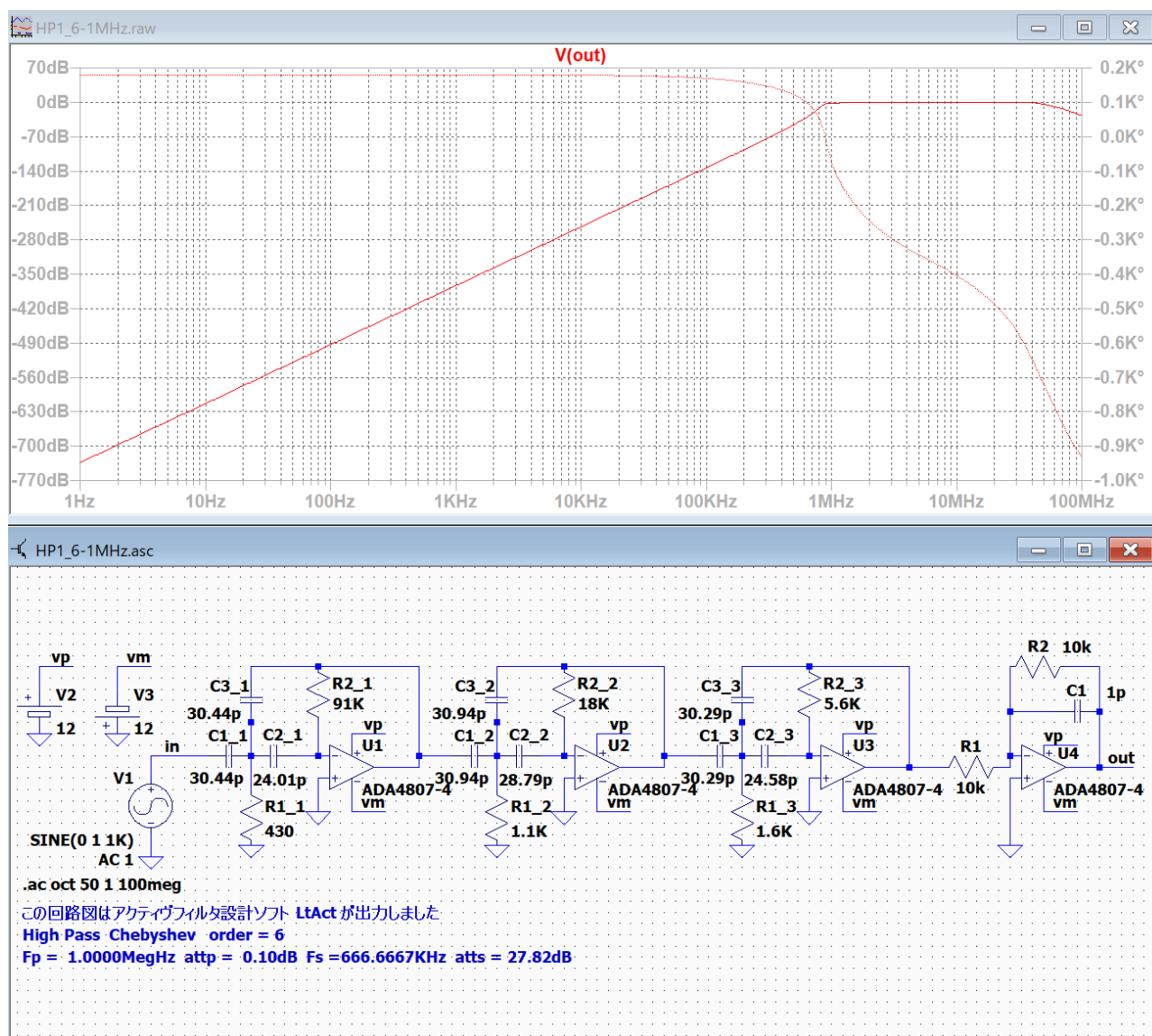
40MHz 付近にオーバシュートがあるので、U3 の後ろにオペアンプを追加して調整する。

チェビシェフ

HP1\_6-1MHz.asc

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\チェビシェフ\test\HP1\_6-1MHz.asc

作成日時 Thu Nov 26 19:13:16 2020

アナログ High Pass Chebyshev 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs =666.6667KHz atts = 27.82dB

1 (HP1) R1\_1 = 430.0000 R2\_1 = 91.0000K

C1\_1 = C3\_1 = 30.4440p C2\_1 = 24.0144p 誤差 = 0.0598 %

2 (HP1) R1\_2 = 1.1000K R2\_2 = 18.0000K

C1\_2 = C3\_2 = 30.9406p C2\_2 = 28.7931p 誤差 = 4.1916 %

3 (HP1) R1\_3 = 1.6000K R2\_3 = 5.6000K

C1\_3 = C3\_3 = 30.2866p C2\_3 = 24.5829p 誤差 = 2.3713 %



## ハイパスフィルタ

HP2\_6-1MHz.asc

ハイパス・チェビシェフ 6次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ハイパスフィルタ	遮断特性	チェビシェフ
設計するフィルタの次数 m(<=58)	3		
カットオフ周波数 Fc	1	Meg	
周波数Fcにおける減衰量又はリプル attp	0.1	dB	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs =	1.5	倍	キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ High Pass Chebyshev 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 666.6667KHz atts = 27.82dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

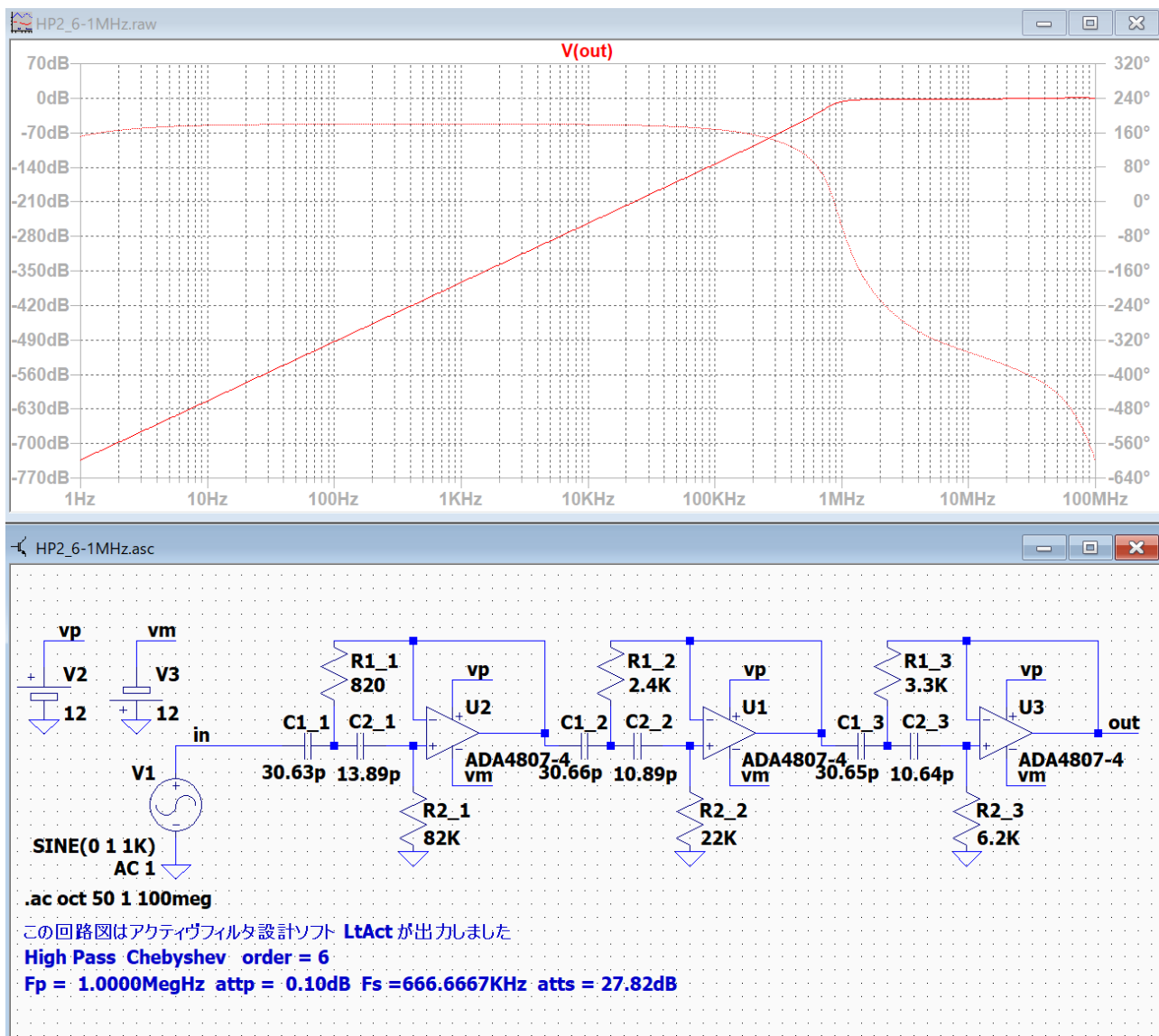
2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	1.2762Meg	34.9556T	1.0000	0	0	Q= 4.6329
2	5.6545Meg	56.6914T	1.0000	0	0	Q= 1.3316
3	20.4241Meg	149.9021T	1.0000	0	0	Q= 0.5995

「まとめ HP2 の C1\_1 の値」より、C1\_1= C1\_2= C1\_3=30p を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\チェビシェフ\test\HP2\_6-1MHz.asc

作成日時 Thu Nov 26 19:29:07 2020

アナログ High Pass Chebyshev 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs = 666.6667KHz atts = 27.82dB

1 (HP2) R1\_1 = 820.0000 R2\_1 = 82.0000K

C1\_1 = 30.6333p C2\_1 = 13.8887p 誤差 = 6.3987 %

2 (HP2) R1\_2 = 2.4000K R2\_2 = 22.0000K

C1\_2 = 30.6644p C2\_2 = 10.8947p 誤差 = 0.9667 %

3 (HP2) R1\_3 = 3.3000K R2\_3 = 6.2000K

C1\_3 = 30.6499p C2\_3 = 10.6380p 誤差 = 3.4034 %

## ハイパスフィルタ

## 基本回路 HP3 のコンデンサ値

HP3(et1)は逆チェビシェフと楕円関数のハイパスフィルタで使用される基本回路名です。

et1 は LP3, HP3, BP3 及び BE1 で利用される基本回路です。

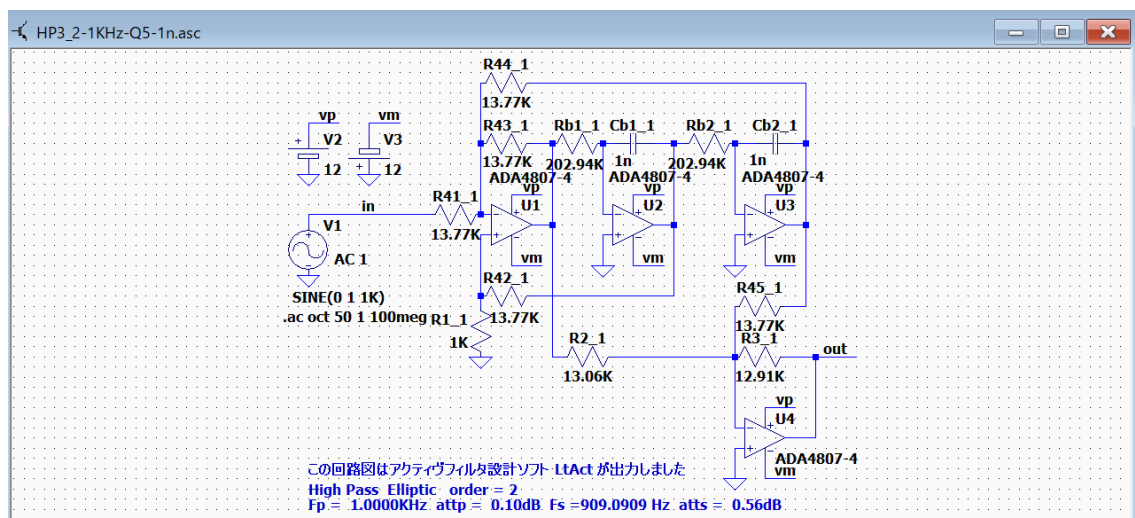
フィルタの周波数ごとにコンデンサの利用可能な範囲を確認しました。

C1\_1 の値を 10p から 100u まで変えて、回路の Q 値が約 5, 2, 1 に対して、遮断特性とオーバーシュートを確認しました。出来るだけ小さいコンデンサの素子値で、オーバーシュートが小さくなる素子値を推奨値としてまとめました。

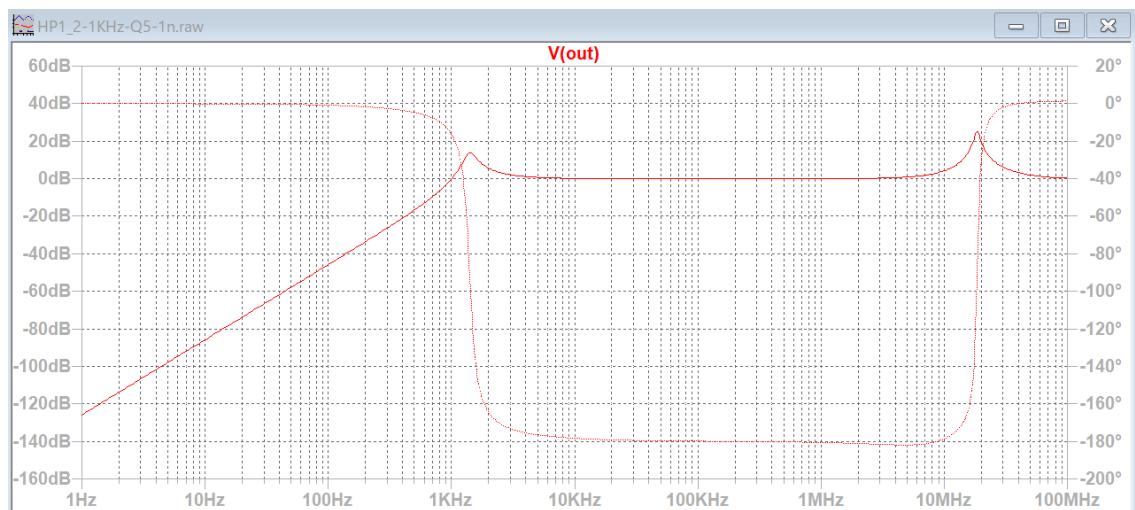
高次数のハイパスフィルタのコンデンサ値を設定する時に参考になると思います。

## ハイパス・楕円関数 2 次 1KHz HP3

Q=5 程度の場合 (Xs=1.1, 1.3, 2 に設定すると、それぞれ Q=5, 2, 1 程度になります)



Q=5, 1KHz, C1\_1=1n の場合

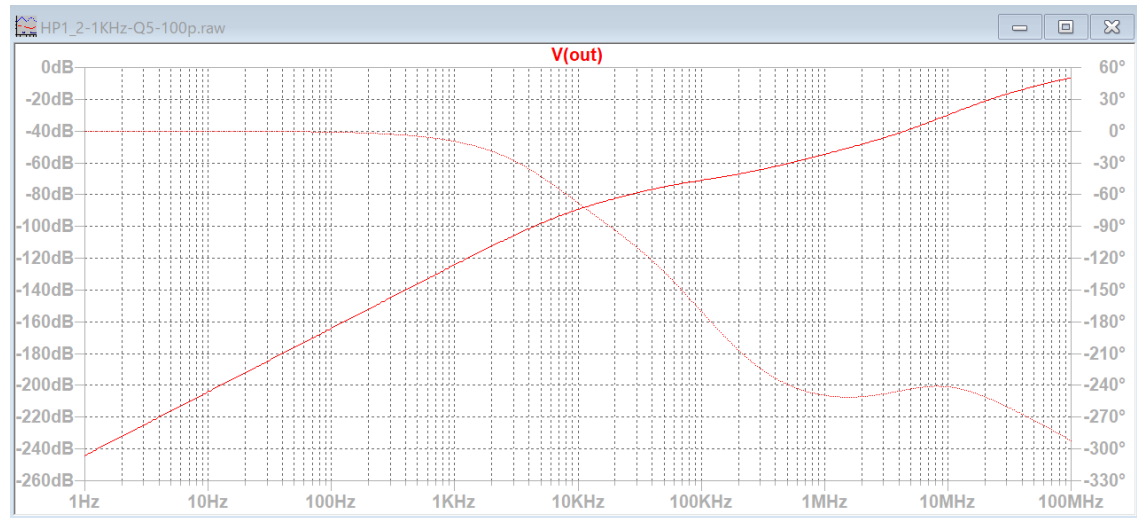


1KHz と 20MHz 付近にオーバーシュートがあります。

基本回路 HP3 のコンデンサ値ハイパス・楕円関数 2 次 1KHz HP3

## ハイパスフィルタ

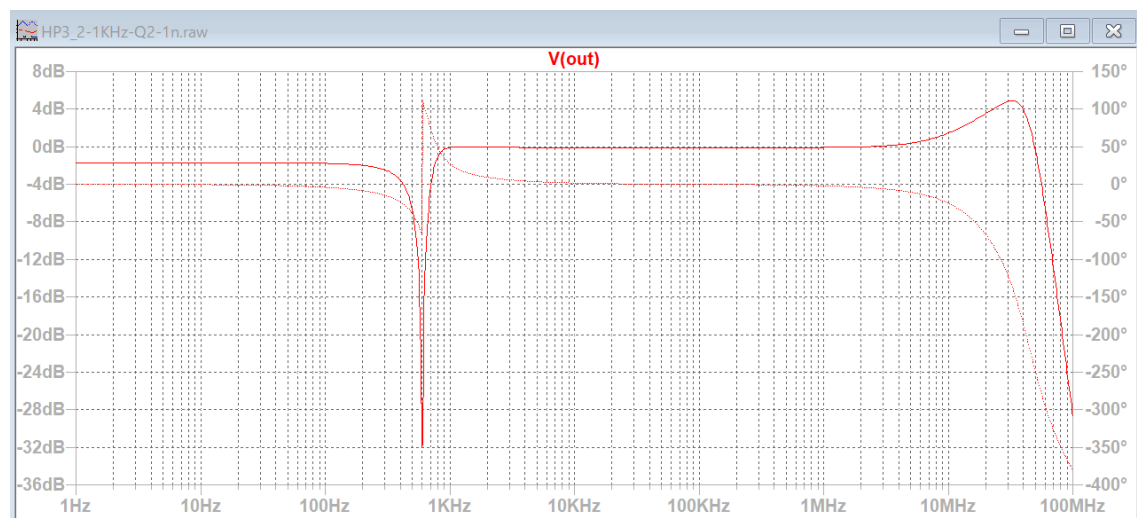
Q=5, 1KHz, C1\_1=100p の場合



フィルタとして機能しません。

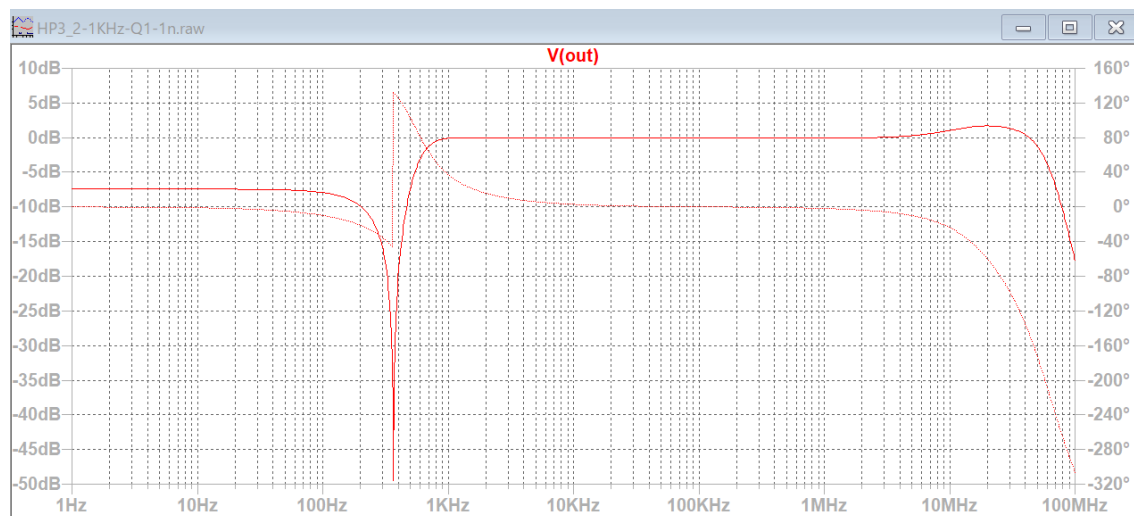
Q=5, 1KHz では C1\_1=1n を推奨値とします。

Q=2, 1KHz, C1\_1=1n の場合



## ハイパスフィルタ

$Q=1$ , 1KHz,  $C1\_1=1n$  の場合



$Q < 1$  の場合は  $Q=1$  の推奨値を使用します。

同様にして周波数が 1MHz までのコンデンサの推奨値を探します。

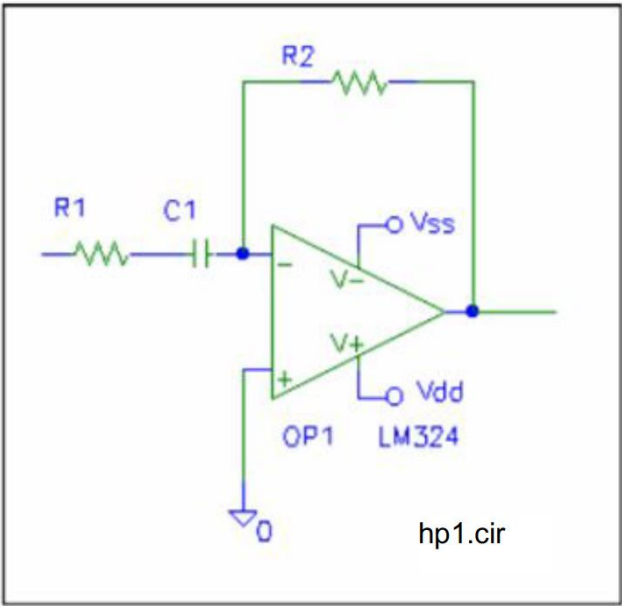
ハイパスフィルタ

まとめ HP3 の Cb1\_1 の値

この表はオペアンプに ADA4807-4 を利用する場合の値です。

HP3(et1)	Cb1_1の値		
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	50p	50p	50p
1000	30p	30p	30p

奇数次数のハイパスフィルタには、1 次のフィルタが追加されます。C1 を周波数に見合った適当な値に設定して下さい。



hp1 (1次)	C1の値
周波数 KHz	
1	1n
10	0.1n
100	10p
1000	10p

図 4－1 1 次のハイパスフィルタ基本回路 1 hp1\_1.cir

基本回路「hp1.cir」は、HP1, HP2, HP3, HP4 で利用されます。

## ハイパスフィルタ

## HP3 回路の設計手順

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ハイパスフィルタ	遮断特性	Elliptic
設計するフィルタの次数 m(<=58)	4		
カットオフ周波数 Fc	10	KHz	
周波数Fcにおける減衰量又はリップル attp	0.1	dB	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fc/Fs	1.5	倍	キャンセル

4 次のハイパス・楕円関数フィルタを設計します。

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ High Pass Elliptic 次数=4

Fp = 10.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 6.6667KHz atts = 29.06dB

2 次式の形式

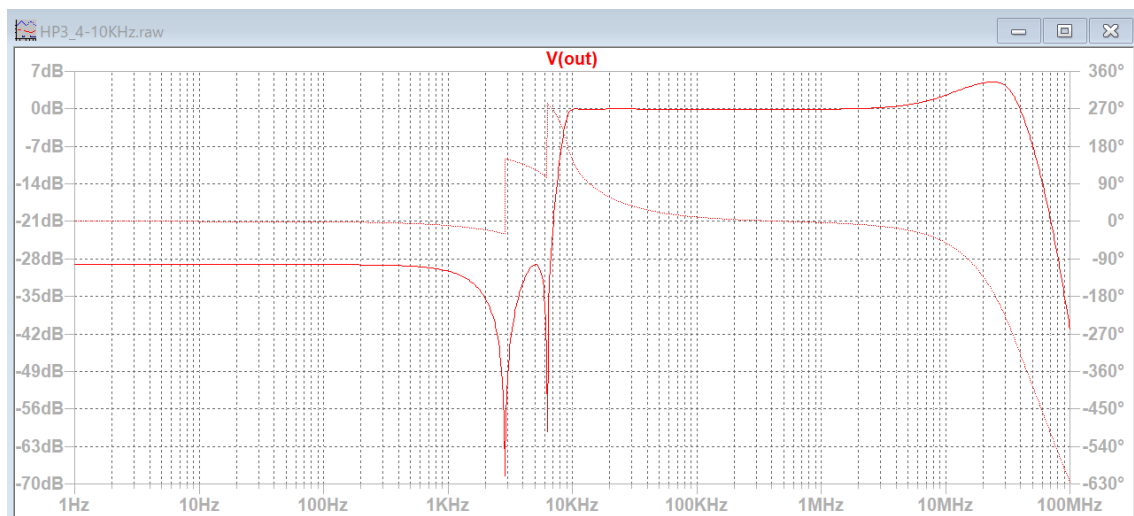
$$H_n = \frac{P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}}{s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}}$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	17.3430K	3.1380G	1.8050	0 588.9327Meg	Q=	3.2300
2	101.0589K	4.5437G	0.5477	0 852.7476Meg	Q=	0.6670

Q 値より、「まとめ HP3 の Cb1\_1 の推奨値」を参考にして、Cb1\_1 = Cb1\_2 = 100p に設定して回路図を作成後、「ファイル」→「データファイルを開く」で

HP3\_4-10KHz.asc を「LTSpice」に読み込んで、「RUN」して V(out)を確認します。



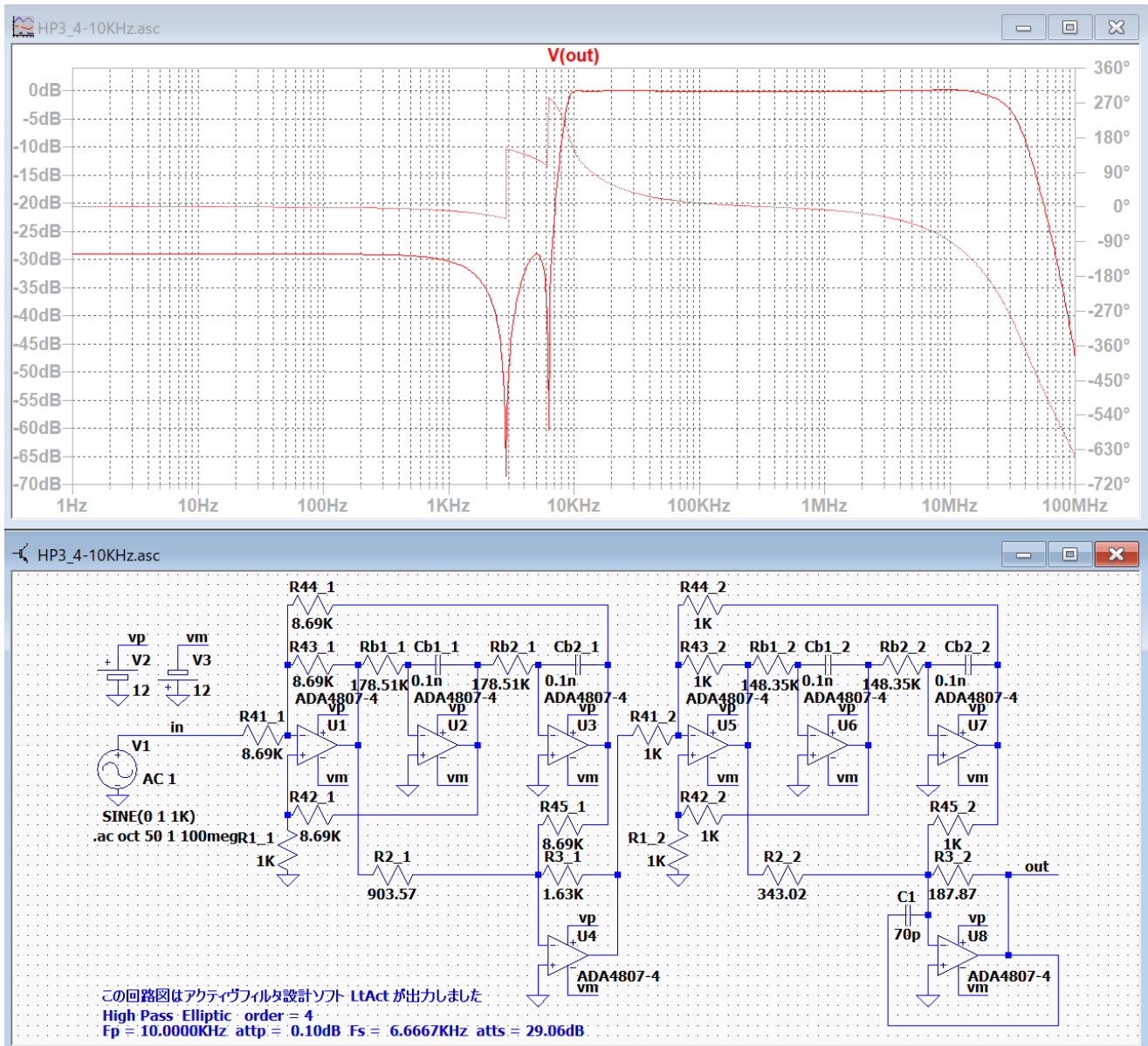


## ハイパスフィルタ

25MHz にオーバーシュートがあるので、U8 の R3\_2 に C1 を並列接続して調整します。  
C1=70p に決定します。

## 完成した回路図

HP3\_4-10KHz.asc



## ハイパスフィルタ

## 基本回路 HP4 のコンデンサ値

HP4(et2)は逆チェビシェフと楕円関数のハイパスフィルタで使用される基本回路名です。

et2 は LP4, HP4, BP4 及び BE2 で利用される基本回路です。

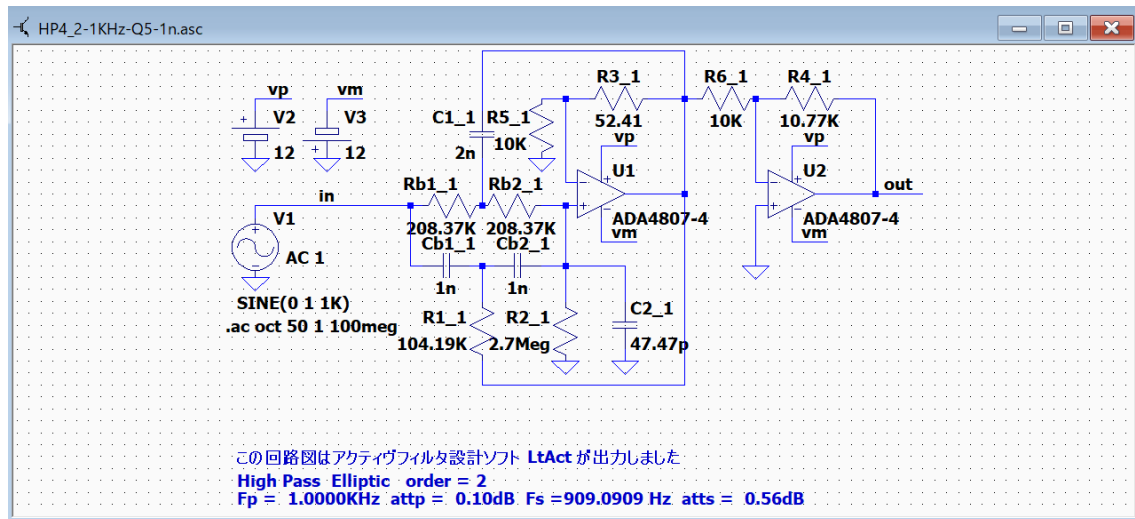
フィルタの周波数ごとにコンデンサの利用可能な範囲を確認しました。

C1\_1 の値を 10p から 100u まで変えて、回路の Q 値が約 5, 2, 1 に対して、遮断特性とオーバーシュートを確認しました。出来るだけ小さいコンデンサの素子値で、オーバーシュートが小さくなる素子値を推奨値としてまとめました。

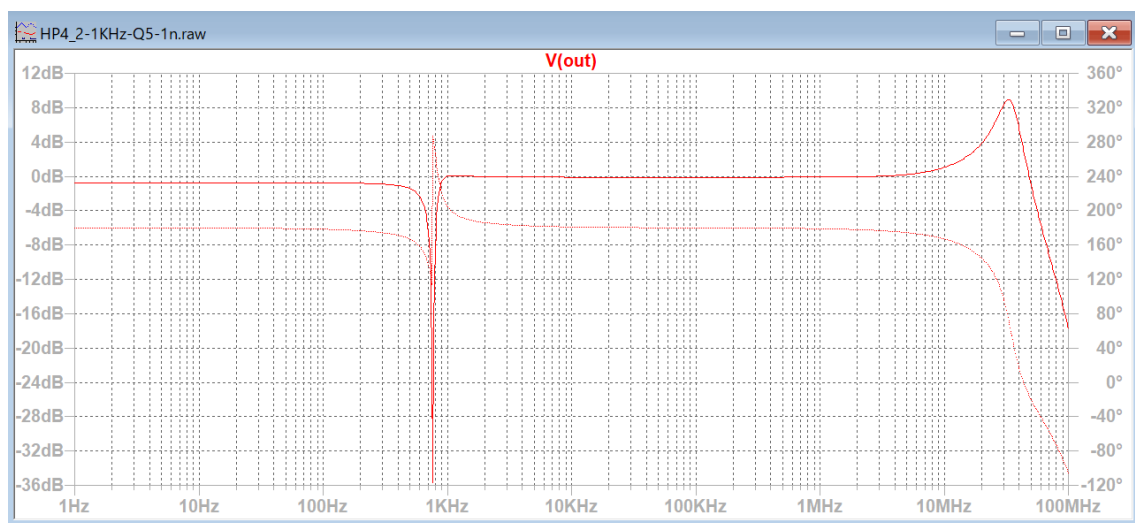
高次数のハイパスフィルタのコンデンサ値を設定する時に参考になると思います。

## ハイパス・楕円関数 2 次 1KHz HP4

Q=5 程度の場合 (Xs=1.1, 1.3, 2 に設定すると、それぞれ Q=5, 2, 1 程度になります)



Q=5, 1KHz, C1\_1=1n の場合

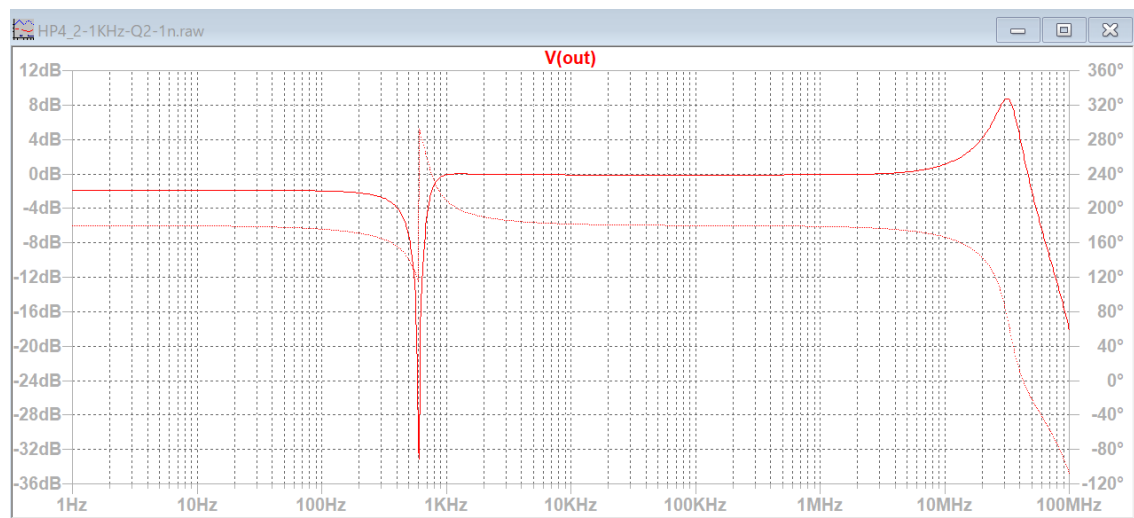


30MHz 付近にオーバーシュートがあります。

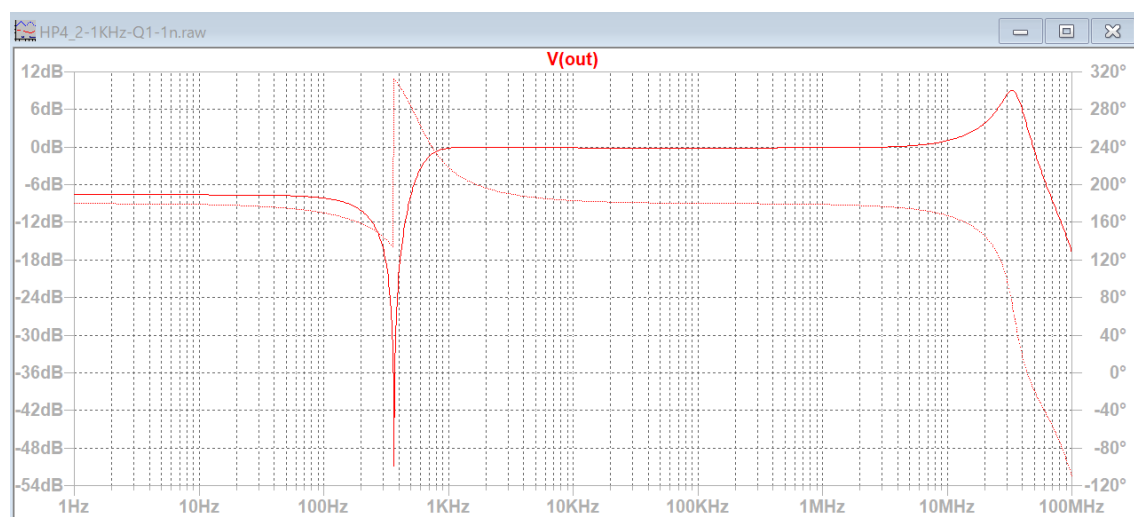
基本回路 HP4 のコンデンサ値ハイパス・楕円関数 2 次 1KHz HP4

## ハイパスフィルタ

Q=2, 1KHz, C1\_1=1n の場合



Q=1, 1KHz, C1\_1=1n の場合



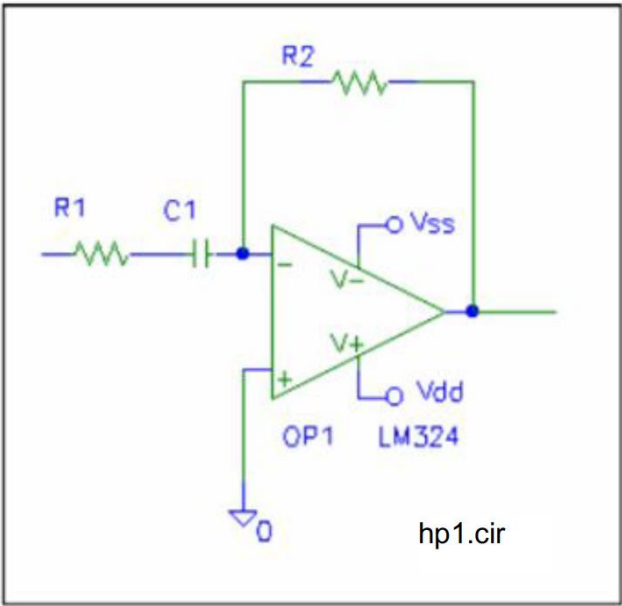
ハイパスフィルタ

まとめ HP4 の Cb1\_1 の値

この表はオペアンプに ADA4807-4 を利用する場合の値です。

HP4(et2)	Cb1_1の値		
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	75p	75p	75p
1000	200p	200p	200p

奇数次数のハイパスフィルタには、1 次のフィルタが追加されます。C1 を周波数に見合った適当な値に設定して下さい。



hp1 (1次)	C1の値
周波数 KHz	
1	1n
10	0.1n
100	10p
1000	10p

図 4－1 1 次のハイパスフィルタ基本回路 1 hp1\_1.cir

基本回路「hp1.cir」は、HP1, HP2, HP3, HP4 で利用されます。

## ハイパスフィルタ

## HP4 回路の設計手順

4 次のハイパス・楕円関数フィルタを設計します。

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ

遮断特性 Elliptic

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  4

カットオフ周波数  $F_c$  10 KHz

周波数  $F_c$  における減衰量又はリップル  $att_p$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_c/F_s$  1.5 倍

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ High Pass Elliptic 次数=4

$F_p = 1.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 666.6667\text{ Hz}$   $atts = 29.06\text{dB}$

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$H_n = \text{-----}$

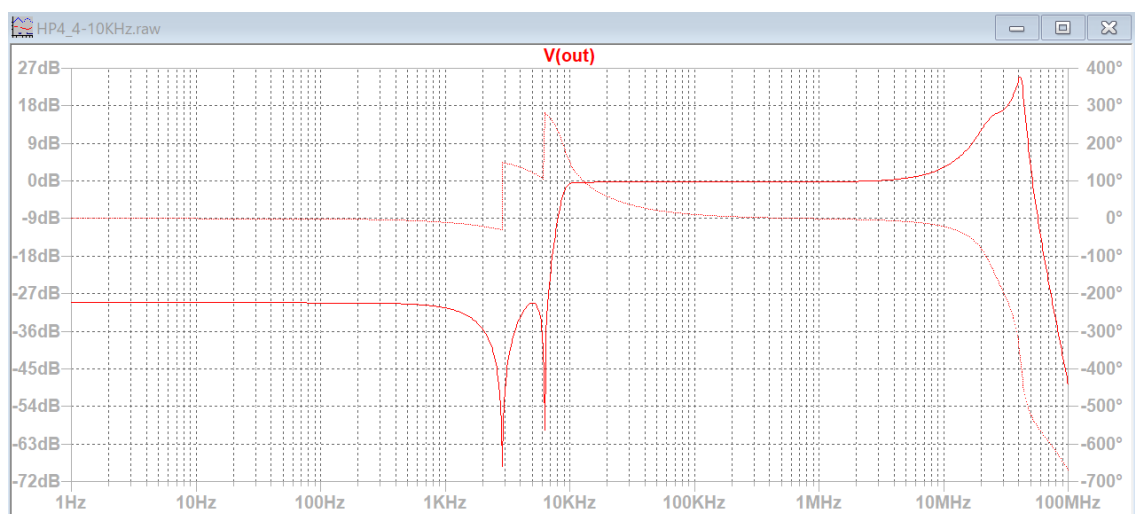
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	1.7343K	31.3803Meg	1.8050	0	5.8893Meg	Q= 3.2300
2	10.1059K	45.4373Meg	0.5477	0	8.5275Meg	Q= 0.6670

Q 値より、「まとめ HP3 の Cb1\_1 の推奨値」を参考にして、 $Cb1\_1 = Cb1\_2 = 100\text{p}$  に設定して回路図を作成後、「ファイル」→「データファイルを開く」で

LP4\_4-10KHz.asc を「LTSpice」に読み込んで、「RUN」して  $V(\text{out})$ を確認します。

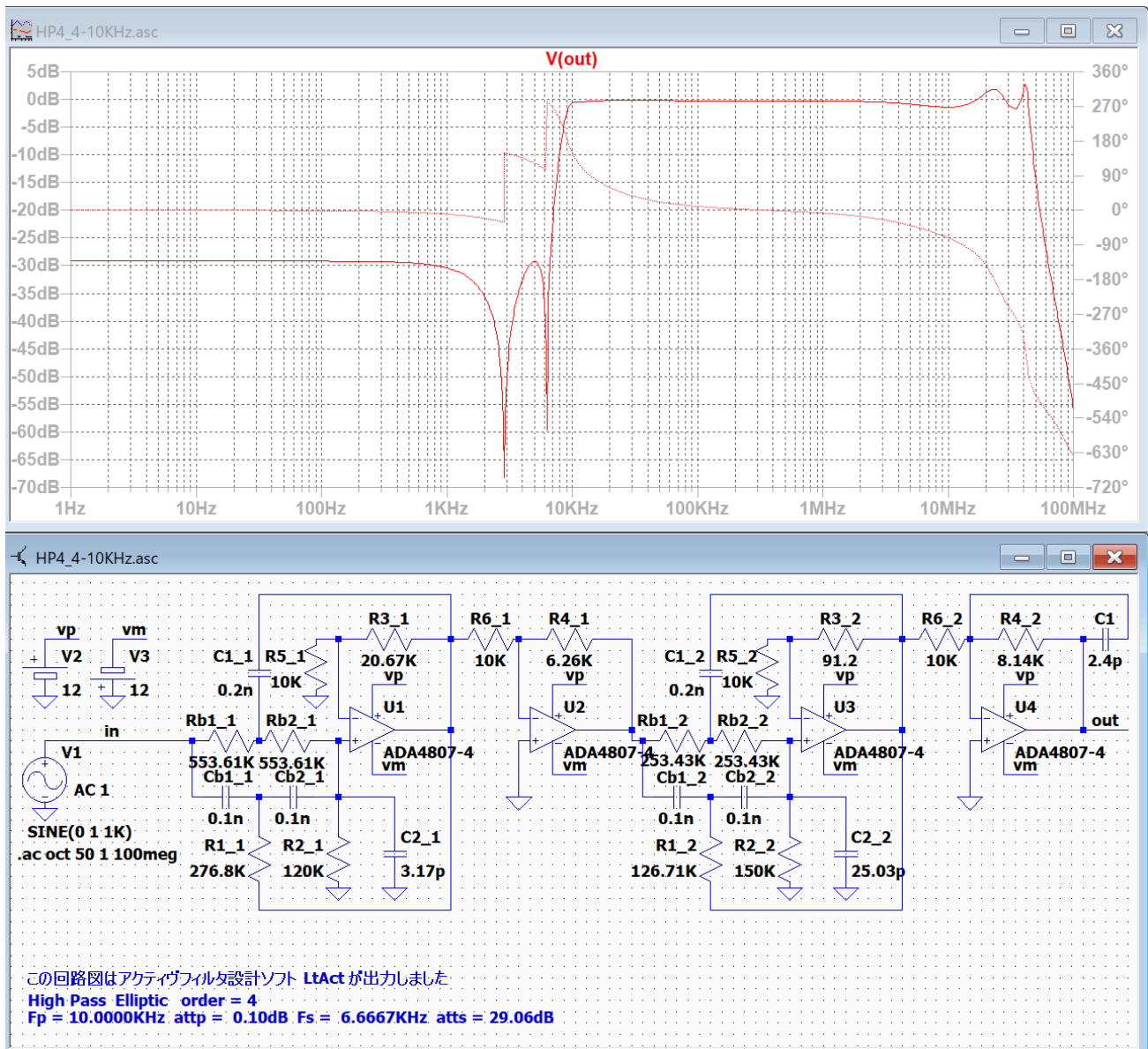


## ハイパスフィルタ

40MHz 付近にオーバシュートがあるので、U4 の R4\_2 に C1 を並列接続して調節する。  
C1=2.4p に決定する。

## 完成した回路図

HP4\_4-10KHz.asc



## ハイパスフィルタ

## 逆チェビシェフ

HP3\_6-1KHz.asc

ハイパス・逆チェビシェフ 6次 1KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ハイパスフィルタ	遮断特性	Inv. Cheb
設計するフィルタの次数 m(<=58)	3		
カットオフ周波数 Fc	1	KHz	
周波数Fcにおける減衰量又はリプル attp	0.1	dB	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fc/Fs	1.5	倍	キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アノグ High Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 1.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 666.6667 Hz atts = 27.82dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

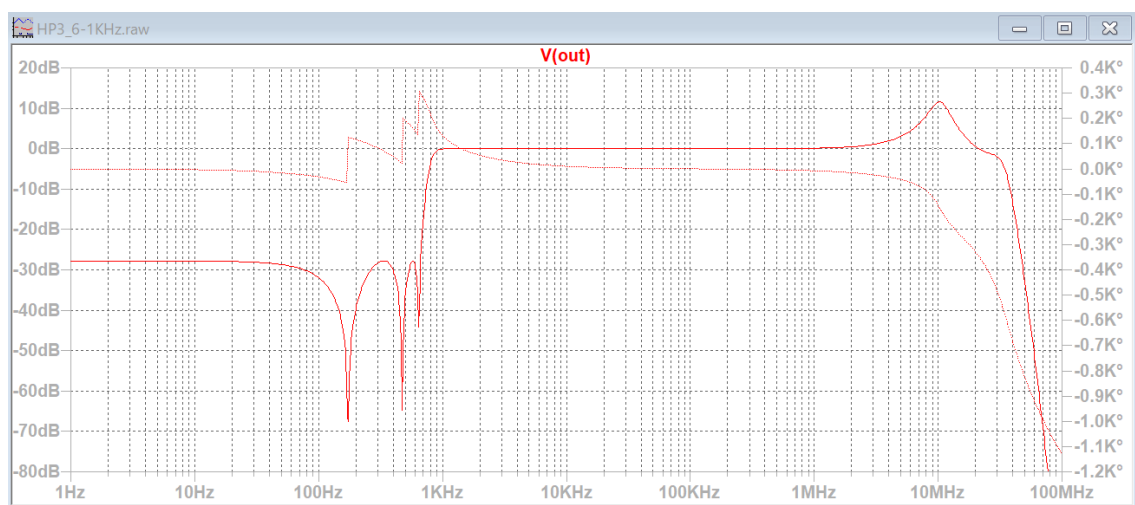
Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	1.5086K	24.8644Meg	1.0000	0	16.3706Meg	Q= 3.3053
2	4.1216K	17.2668Meg	1.0000	0	8.7730Meg	Q= 1.0082
3	5.6302K	9.6692Meg	1.0000	0	1.1754Meg	Q= 0.5523

「まとめ HP3 の Cb1\_1 の推奨値」を参照して、Cb1\_1= Cb1\_2 =Cb1\_3=1n を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。



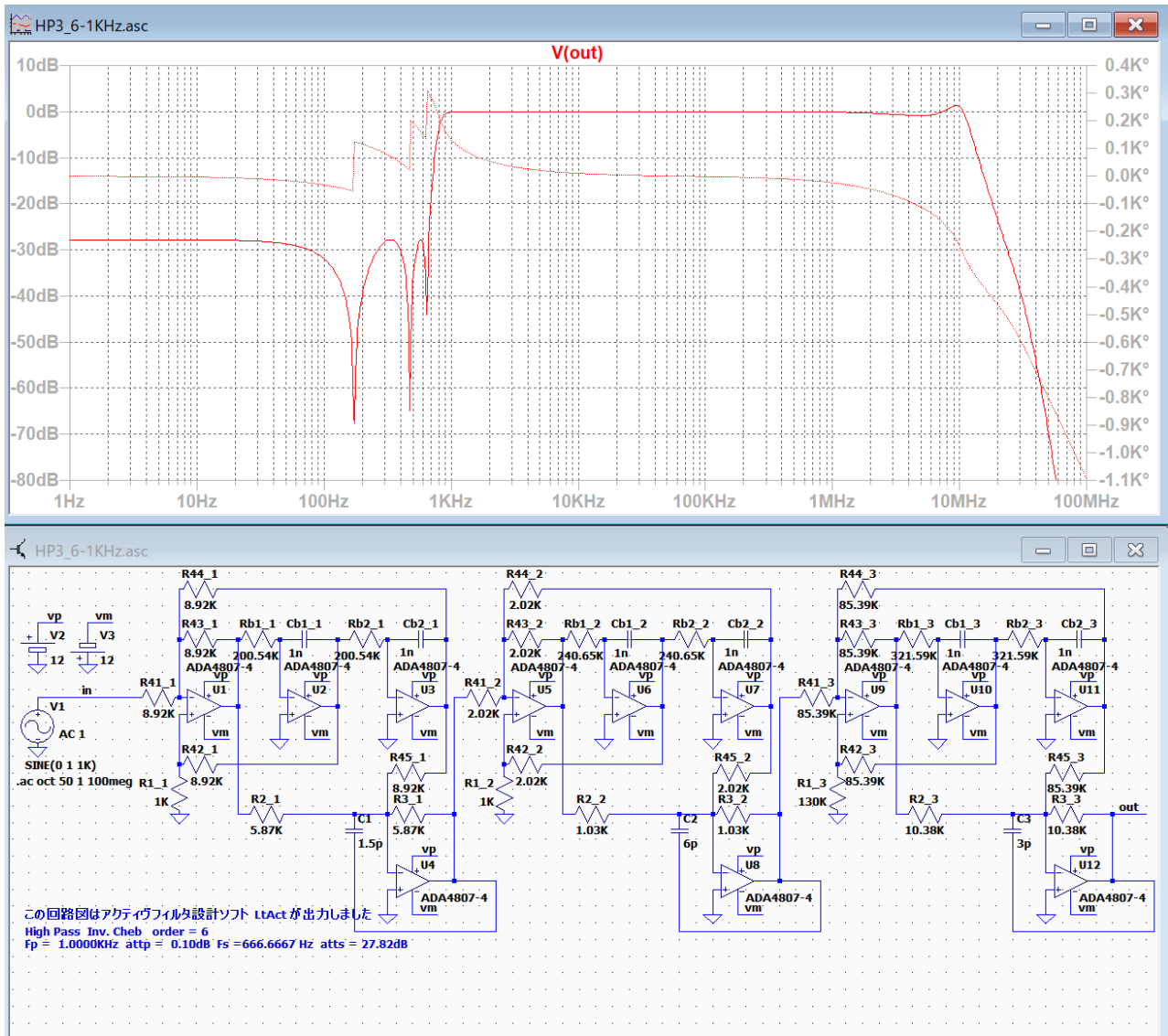
逆チェビシェフ

HP3\_6-1KHz.asc

## ハイパスフィルタ

10MHz 付近にオーバシュートがあるので、U4, U8, U12 の R3\_?に順に C?を並列接続してオーバシュートを抑制する。

## 完成した回路図



第一ブロックから第三ブロックまで、それぞれに C?を接続してオーバシュートを抑えた。



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\逆チェビシェフ\test\HP3\_6-

1KHz.asc 作成日時 Fri Nov 27 10:34:31 2020

アナログ High Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 1.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 666.6667 Hz atts = 27.82dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 200.5445K Cb\_1 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 0.2715 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 5.8702K R3\_1 = 5.8702K R4\_1 (5 個) =  
8.9159K 誤差 = 6.8289 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 240.6546K Cb\_2 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 0.2720 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 1.0286K R3\_2 = 1.0286K R4\_2 (5 個) =  
2.0245K 誤差 = 4.1202 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 321.5921K Cb\_3 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 2.6145 %

3 R1\_3 = 130.0000K R2\_3 = 10.3803K R3\_3 = 10.3803K R4\_3 (5 個) =  
85.3942K 誤差 = 6.5300 %

## ハイパスフィルタ

HP4\_6-1KHz.asc

ハイパス・逆チェビシェフ 6次 1KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ハイパスフィルタ	遮断特性	Inv. Cheb
設計するフィルタの次数 m(<=58)	3		
カットオフ周波数 Fc	1	KHz	
周波数Fcにおける減衰量又はリプル attp	0.1	dB	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fc/Fs	1.5	倍	キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ High Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 1.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 666.6667 Hz atts = 27.82dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

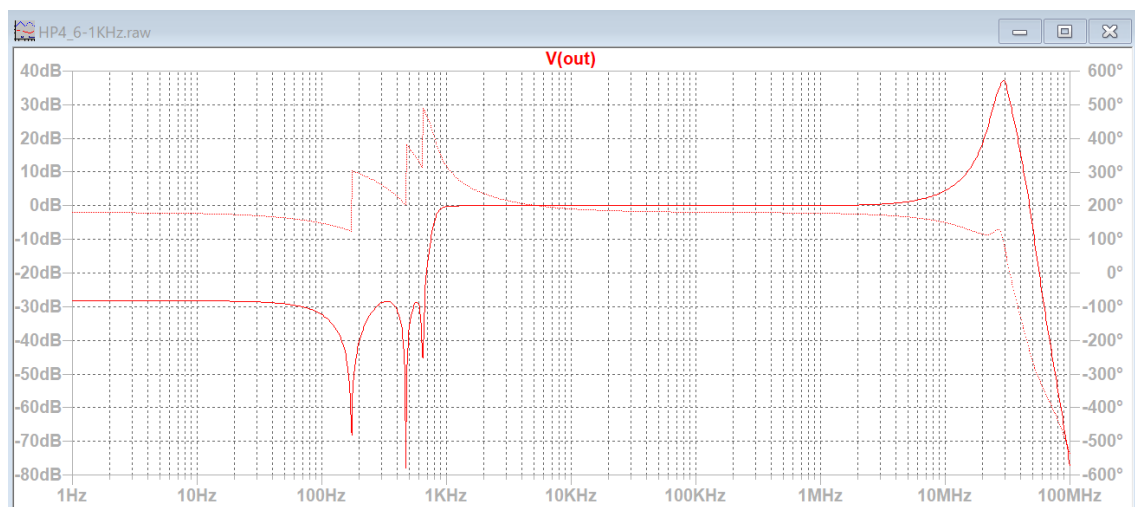
Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	1.5086K	24.8644Meg	1.0000	0	16.3706Meg	Q= 3.3053
2	4.1216K	17.2668Meg	1.0000	0	8.7730Meg	Q= 1.0082
3	5.6302K	9.6692Meg	1.0000	0	1.1754Meg	Q= 0.5523

「まとめ HP4 の Cb1\_1 の推奨値」を参照して、Cb1\_1= Cb1\_2 =Cb1\_3=1n を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。



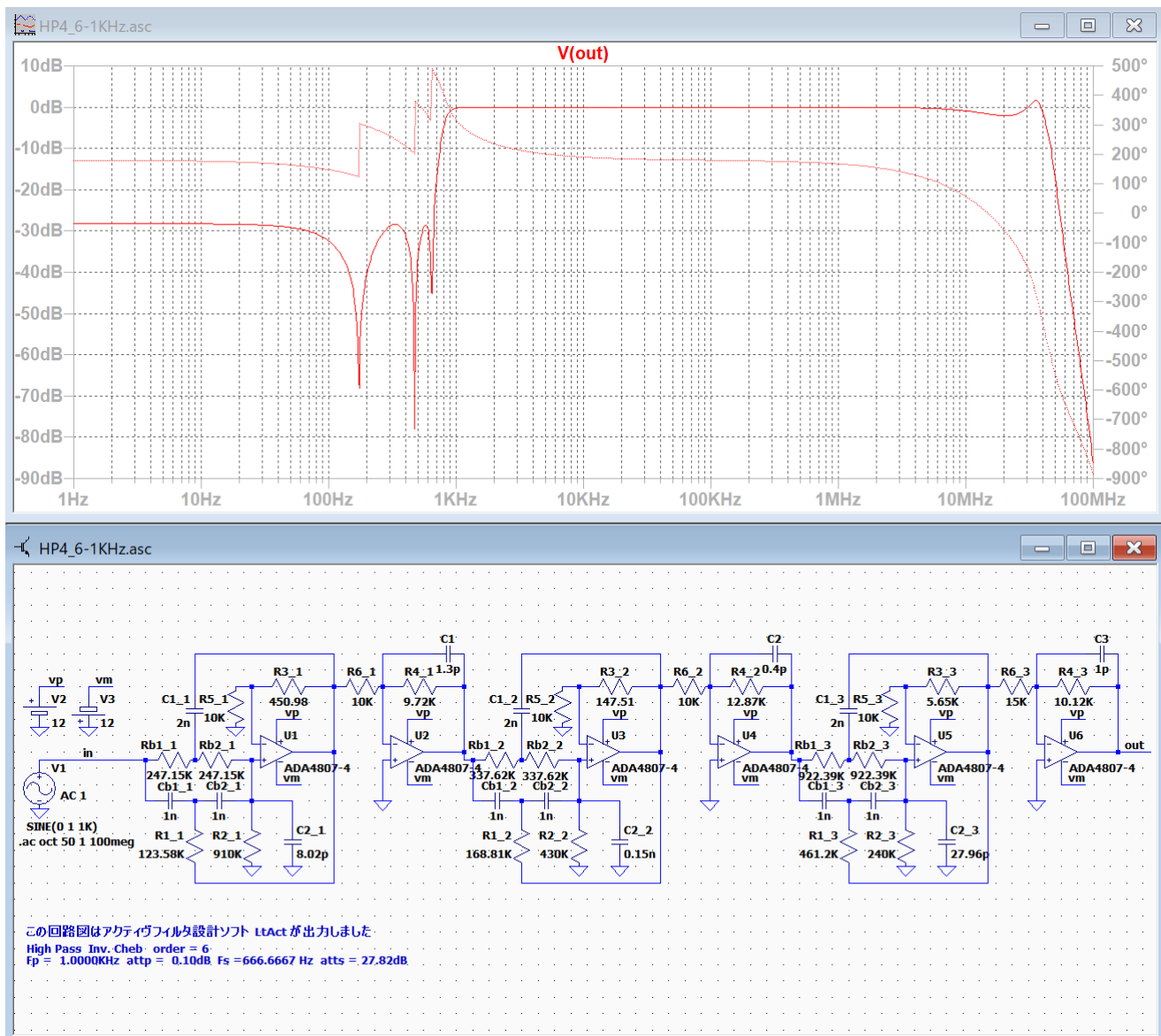
逆チェビシェフ

HP4\_6-1KHz.asc

## ハイパスフィルタ

30MHz 付近にオーバシュートがあるので、U2, U4, U6 の R4\_?に順に C?を並列接続してオーバシュートを抑制する。

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\逆チェビシェフ\test\HP4\_6-

1KHz.asc 作成日時 Fri Nov 27 10:57:14 2020

アナログ High Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 1.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 666.6667 Hz atts = 27.82dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 247.1540K Cb\_1 (2 個) = 1.0000n R1\_1 = 123.5770K C1\_1  
= 2.0000n 誤差 = 4.0935 %

1 R2\_1 = 910.0000K C2\_1 = 8.0160p 誤差 = 2.2959 %

1 R3\_1 = 450.9757 R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 4.2185 %

1 R4\_1 = 9.7219K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.8607 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 337.6186K Cb\_2 (2 個) = 1.0000n R1\_2 = 168.8093K C1\_2  
= 2.0000n 誤差 = 5.6855 %

2 R2\_2 = 430.0000K C2\_2 = 0.1530n 誤差 = 1.9408 %

2 R3\_2 = 147.5108 R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.6875 %

2 R4\_2 = 12.8695K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.0137 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 922.3912K Cb\_3 (2 個) = 1.0000n R1\_3 = 461.1956K C1\_3  
= 2.0000n 誤差 = 2.3343 %

3 R2\_3 = 240.0000K C2\_3 = 27.9586p 誤差 = 3.4285 %

3 R3\_3 = 5.6471K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.8347 %

3 R4\_3 = 10.1225K R6\_3 = 15.0000K 誤差 = 1.2098 %

## ハイパスフィルタ

HP3\_6-100KHz.asc

ハイパス・逆チェビシェフ 6次 100KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  6

カットオフ周波数  $F_c$  100 KHz

周波数 $F_c$ における減衰量又はリップル  $att_p$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を $F_s$ として、 $X_s = F_c/F_s$  1.5 倍

遮断特性 Inv. Cheb

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ High Pass Inv. Cheb 次数=6

 $F_p = 100.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 66.6667\text{KHz}$   $atts = 27.82\text{dB}$ 

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

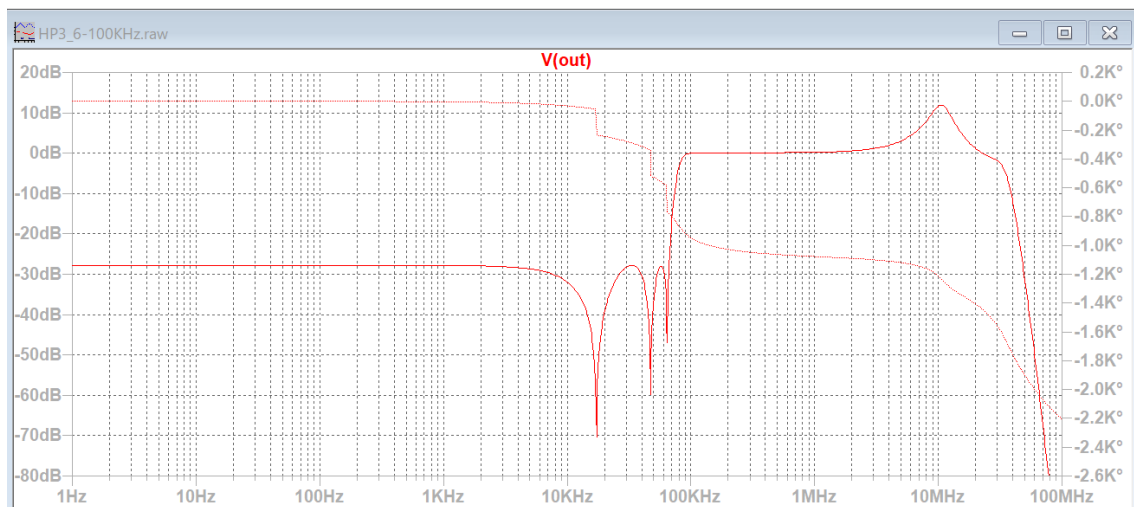
Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	150.8612K	248.6442G	1.0000	0	163.7061G	Q= 3.3053
2	412.1606K	172.6680G	1.0000	0	87.7298G	Q= 1.0082
3	563.0218K	96.6917G	1.0000	0	11.7536G	Q= 0.5523

「まとめ HP3 の Cb1\_1 の推奨値」を参照して、 $Cb1\_1 = Cb1\_2 = Cb1\_3 = 50\text{p}$ を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。



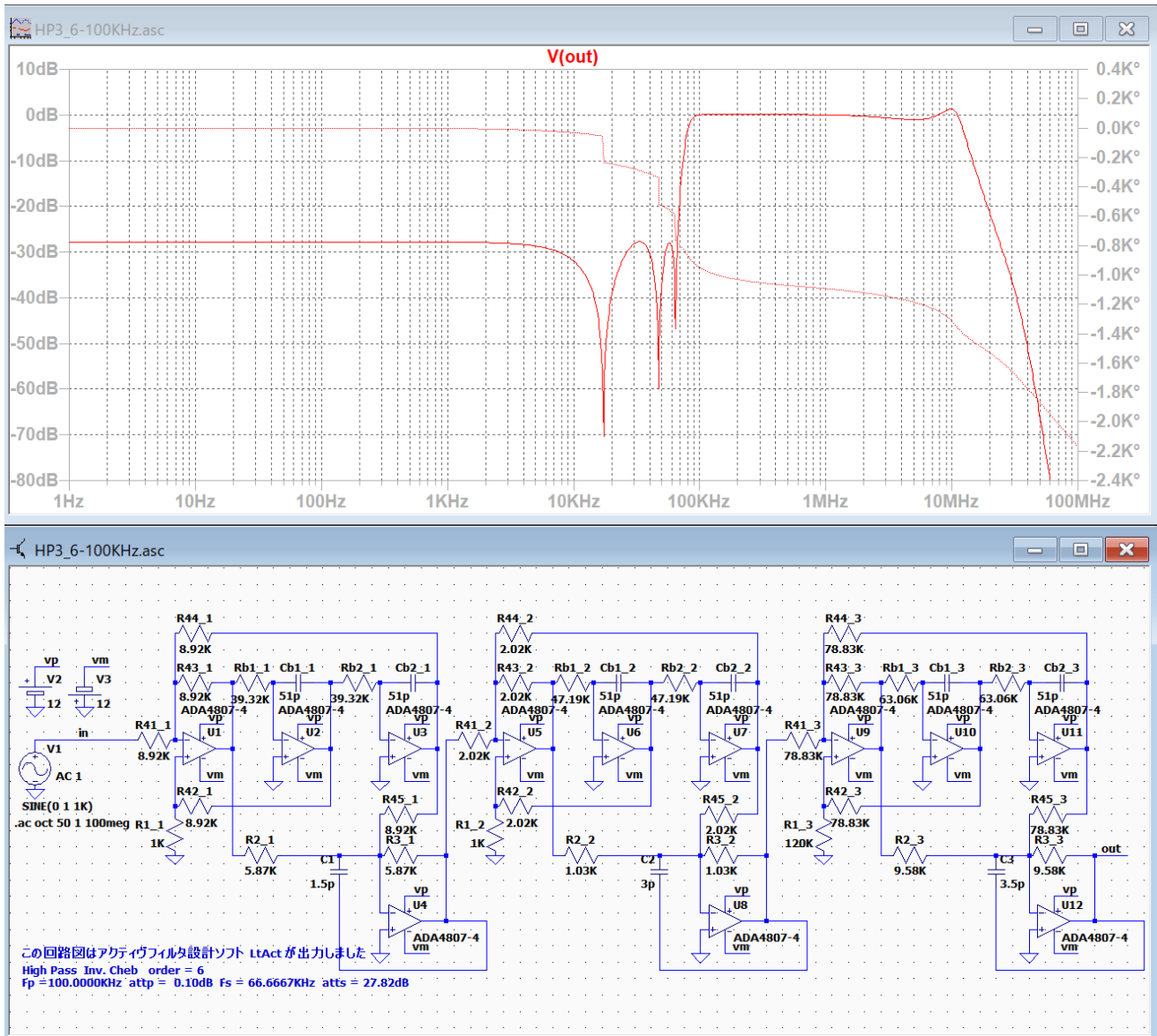
逆チェビシェフ

HP3\_6-100KHz.asc

## ハイパスフィルタ

10MHz 付近にオーバシュートがあるので、U4, U8, U12 の R3\_?に順に C?を並列接続してオーバシュートを抑制する。

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\逆チェビシェフ\test\HP3\_6-

100KHz.asc 作成日時 Fri Nov 27 11:17:40 2020

タイプ High Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 66.6667KHz atts = 27.82dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 39.3225K Cb\_1 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 0.8200 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 5.8702K R3\_1 = 5.8702K R4\_1 (5 個) =  
8.9159K 誤差 = 6.8289 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 47.1872K Cb\_2 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 0.3967 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 1.0286K R3\_2 = 1.0286K R4\_2 (5 個) =  
2.0245K 誤差 = 4.1202 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 63.0573K Cb\_3 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 1.6767 %

3 R1\_3 = 120.0000K R2\_3 = 9.5818K R3\_3 = 9.5818K R4\_3 (5 個) =  
78.8254K 誤差 = 7.3701 %

## ハイパスフィルタ

HP4\_6-100KHz.asc

ハイパス・逆チェビシェフ 6次 100KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ハイパスフィルタ	遮断特性	Inv. Cheb
設計するフィルタの次数 m(<=58)	6		
カットオフ周波数 Fc	100	KHz	
周波数Fcにおける減衰量又はリプル attp	0.1	dB	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fc/Fs	1.5	倍	キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ High Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 66.6667KHz atts = 27.82dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

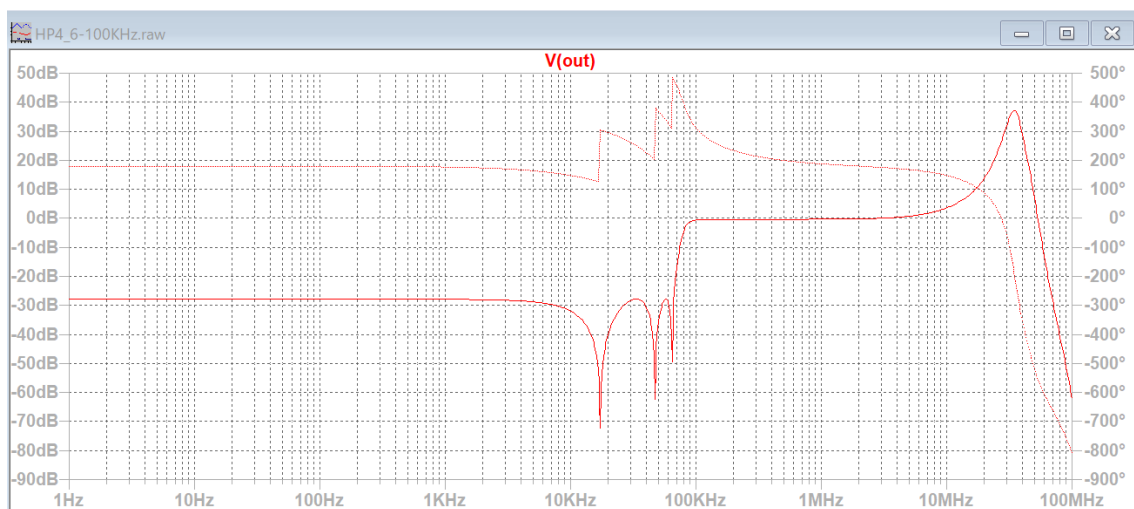
Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	150.8612K	248.6442G	1.0000	0	163.7061G	Q= 3.3053
2	412.1606K	172.6680G	1.0000	0	87.7298G	Q= 1.0082
3	563.0218K	96.6917G	1.0000	0	11.7536G	Q= 0.5523

「まとめ HP4 の Cb1\_1 の推奨値」を参照して、Cb1\_1= Cb1\_2 =Cb1\_3=75p を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。



逆チェビシェフ

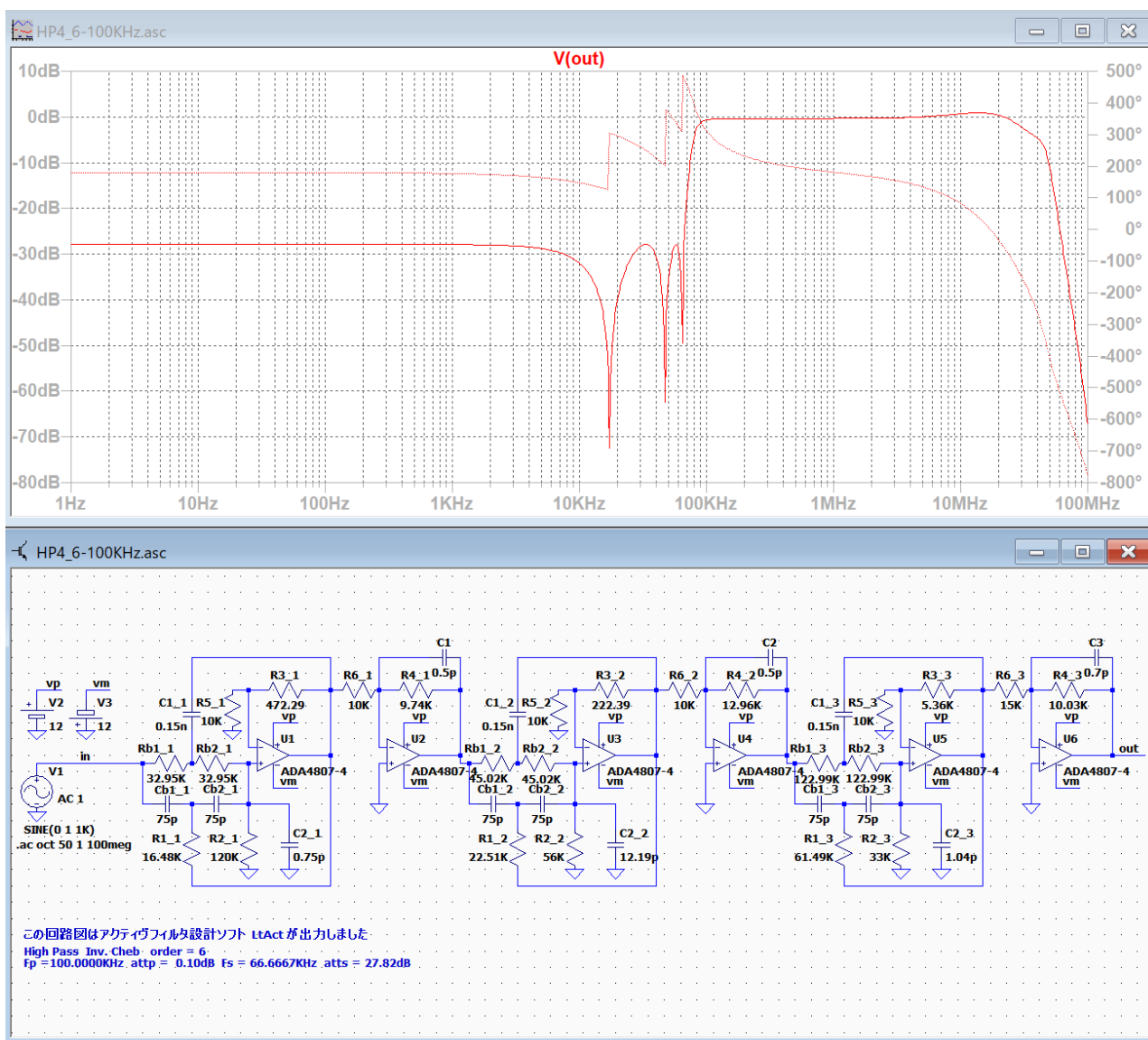
HP4\_6-100KHz.asc



## ハイパスフィルタ

35MHz 付近にオーバシュートがあるので、U2, U4, U6 の R4\_?に順に C?を並列接続してオーバシュートを抑制する。

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\逆チェビシェフ\test\HP4\_6-

100KHz.asc 作成日時 Fri Nov 27 11:24:24 2020

アナログ High Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 66.6667KHz atts = 27.82dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 32.9539K Cb\_1 (2 個) = 75.0000p R1\_1 = 16.4769K C1\_1  
= 0.1500n 誤差 = 2.8979 %

1 R2\_1 = 120.0000K C2\_1 = 0.7502p 誤差 = 0.0283 %

1 R3\_1 = 472.2947 R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 0.4859 %

1 R4\_1 = 9.7400K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.6690 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 45.0158K Cb\_2 (2 個) = 75.0000p R1\_2 = 22.5079K C1\_2  
= 0.1500n 誤差 = 4.9518 %

2 R2\_2 = 56.0000K C2\_2 = 12.1850p 誤差 = 1.5185 %

2 R3\_2 = 222.3879 R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.0737 %

2 R4\_2 = 12.9611K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 0.3001 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 122.9855K Cb\_3 (2 個) = 75.0000p R1\_3 = 61.4927K C1\_3  
= 0.1500n 誤差 = 2.5638 %

3 R2\_3 = 33.0000K C2\_3 = 1.0351p 誤差 = 3.3928 %

3 R3\_3 = 5.3616K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 4.4457 %

3 R4\_3 = 10.0341K R6\_3 = 15.0000K 誤差 = 0.3400 %

## ハイパスフィルタ

## HP3\_6-1MHz.asc

ハイパス・逆チェビシェフ 6次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ

遮断特性 Inv. Cheb

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  6

カットオフ周波数  $F_c$  1 Meg

周波数 $F_c$ における減衰量又はリプル attp 0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を $F_s$ として、 $X_s = F_c/F_s$  1.5 倍

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ High Pass Inv. Cheb 次数=6

 $F_p = 1.0000\text{MegHz}$  attp = 0.1000dB  $F_s = 666.6667\text{KHz}$  atts = 27.82dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

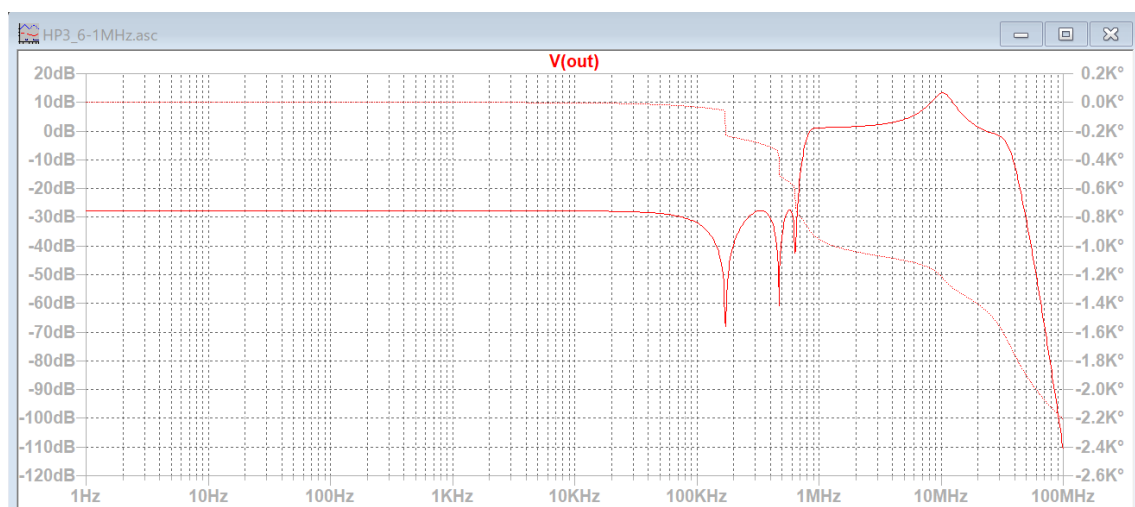
Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	1.5086Meg	24.8644T	1.0000	0	16.3706T	3.3053
2	4.1216Meg	17.2668T	1.0000	0	8.7730T	1.0082
3	5.6302Meg	9.6692T	1.0000	0	1.1754T	0.5523

「まとめ HP3 の Cb1\_1 の推奨値」を参照して、Cb1\_1= Cb1\_2 =Cb1\_3=30p を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。

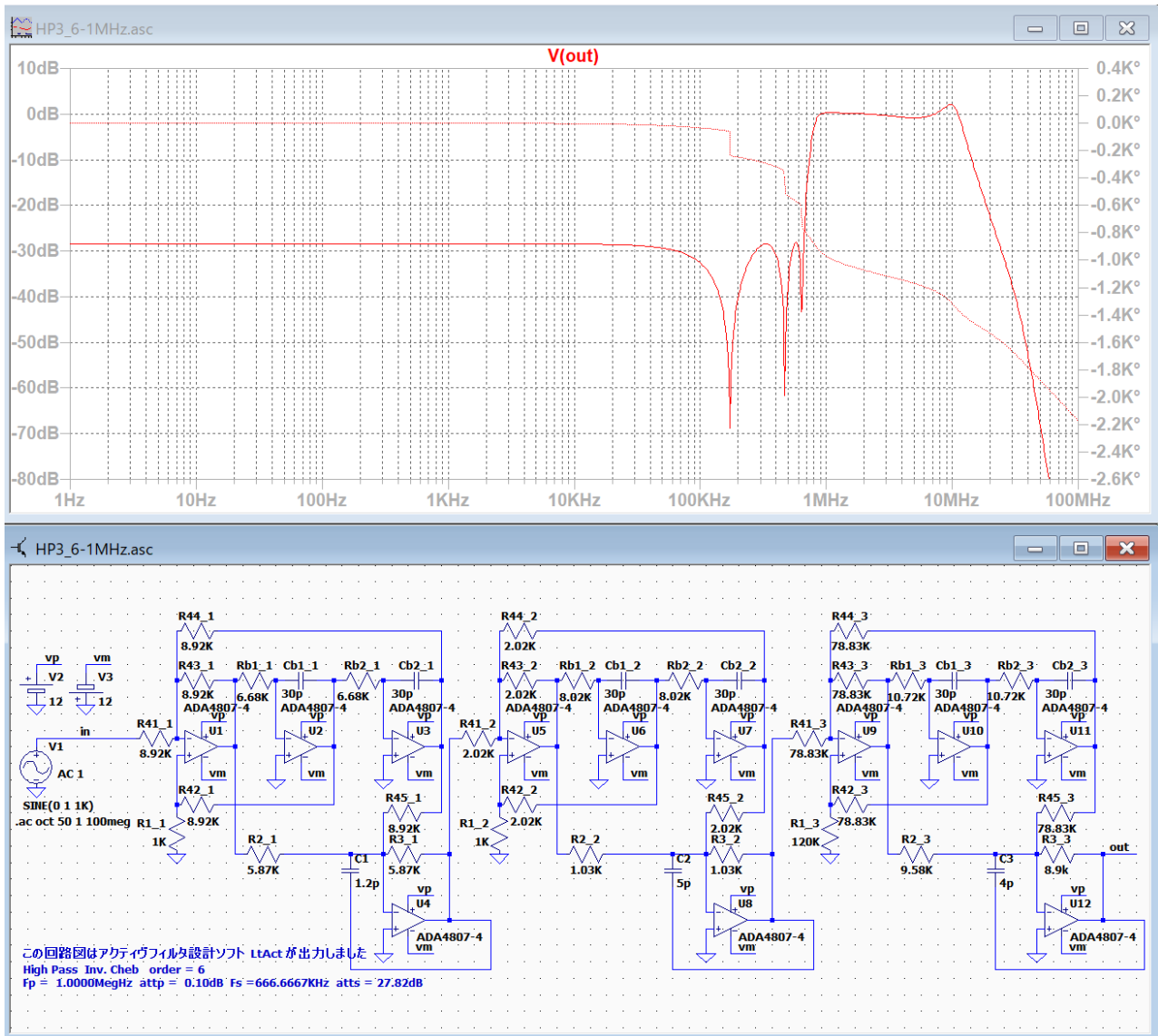


## ハイパスフィルタ

R3\_3=8.4K に変更して、1MHz のゲインを 0dB に調整する。

10MHz 付近にオーバシュートがあるので、U4, U8, U12 の R3\_? に順に C? を並列接続してオーバシュートを抑制する。

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\逆チェビシェフ\test\HP3\_6-

1MHz.asc 作成日時 Fri Nov 27 11:33:53 2020

アナログ High Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs =666.6667KHz atts = 27.82dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 6.6848K Cb\_1 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 1.7230 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 5.8702K R3\_1 = 5.8702K R4\_1 (5 個) =  
8.9159K 誤差 = 6.8289 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 8.0218K Cb\_2 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 2.2212 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 1.0286K R3\_2 = 1.0286K R4\_2 (5 個) =  
2.0245K 誤差 = 4.1202 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 10.7197K Cb\_3 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 2.6145 %

3 R1\_3 = 120.0000K R2\_3 = 9.5818K R3\_3 = 9.5818K R4\_3 (5 個) =  
78.8254K 誤差 = 7.3701 %

## ハイパスフィルタ

HP4\_6-1MHz.asc

ハイパス・逆チェビシェフ 6次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ

遮断特性 Inv. Cheb

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  6

カットオフ周波数  $F_c$  1 Meg

周波数 $F_c$ における減衰量又はリプル attp 0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を $F_s$ として、 $X_s = F_c/F_s$  1.5 倍

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ High Pass Inv. Cheb 次数=6

 $F_p = 1.0000\text{MegHz}$  attp = 0.1000dB  $F_s = 666.6667\text{KHz}$  atts = 27.82dB

2次式の形式

$$P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}$$

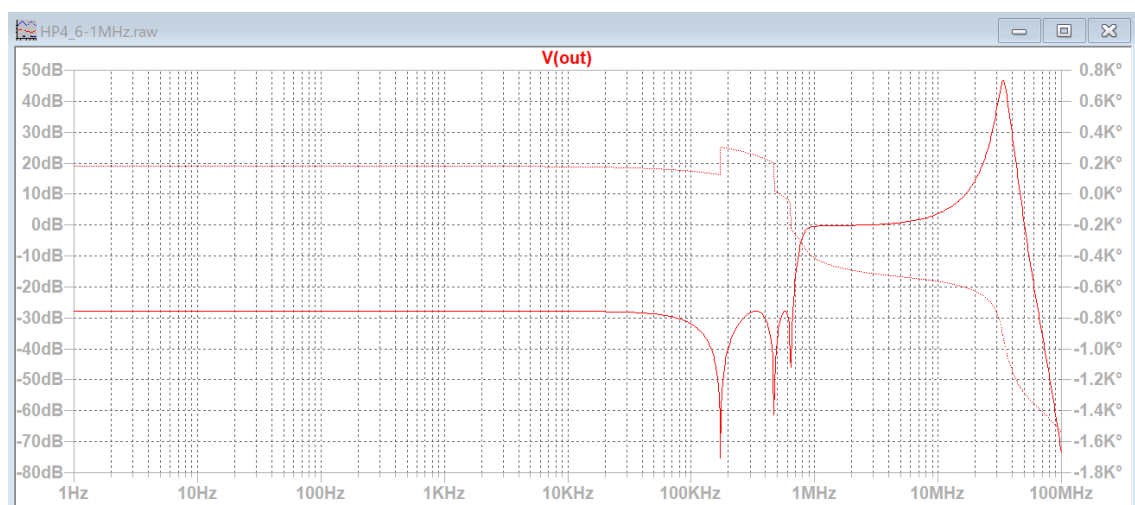
Hn = -----

$$s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}$$

2次式

n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	1.5086Meg	24.8644T	1.0000	0	16.3706T	Q= 3.3053
2	4.1216Meg	17.2668T	1.0000	0	8.7730T	Q= 1.0082
3	5.6302Meg	9.6692T	1.0000	0	1.1754T	Q= 0.5523

「まとめ HP3 の Cb1\_1 の推奨値」を参照して、Cb1\_1= Cb1\_2 =Cb1\_3=200p を設定して回路図を出力して V(out)を確認する。



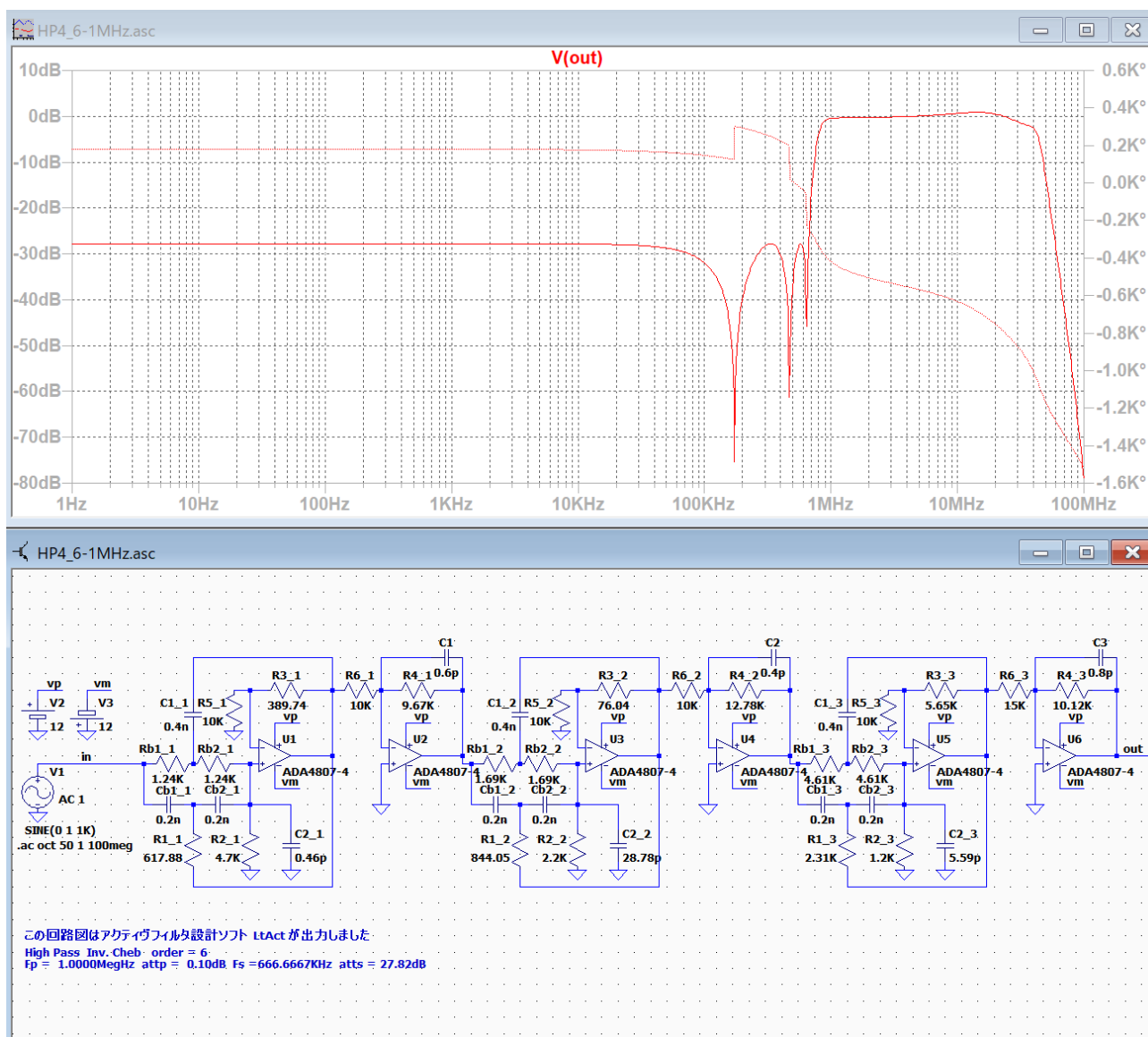
逆チェビシェフ

HP4\_6-1MHz.asc

## ハイパスフィルタ

30MHz 付近にオーバシュートがあるので、U2, U4, U6 の R4\_?に順に C?を並列接続してオーバシュートを抑制する。

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\逆チェビシェフ\test\HP4\_6-

1MHz.asc 作成日時 Fri Nov 27 11:50:27 2020

アナログ High Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs =666.6667KHz atts = 27.82dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 1.2358K Cb\_1 (2 個) = 0.2000n R1\_1 = 617.8850 C1\_1  
= 0.4000n 誤差 = 3.8400 %

1 R2\_1 = 4.7000K C2\_1 = 0.4618p 誤差 = 1.7764 %

1 R3\_1 = 389.7402 R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 0.0666 %

1 R4\_1 = 9.6693K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.4198 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 1.6881K Cb\_2 (2 個) = 0.2000n R1\_2 = 844.0465 C1\_2  
= 0.4000n 誤差 = 6.4498 %

2 R2\_2 = 2.2000K C2\_2 = 28.7805p 誤差 = 4.2374 %

2 R3\_2 = 76.0372 R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.3641 %

2 R4\_2 = 12.7809K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.7146 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 4.6120K Cb\_3 (2 個) = 0.2000n R1\_3 = 2.3060K C1\_3  
= 0.4000n 誤差 = 5.1497 %

3 R2\_3 = 1.2000K C2\_3 = 5.5917p 誤差 = 0.1482 %

3 R3\_3 = 5.6471K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.8347 %

3 R4\_3 = 10.1225K R6\_3 = 15.0000K 誤差 = 1.2098 %



## ハイパスフィルタ

## 楕円関数

HP3\_6-1KHz.asc

ハイパス・楕円関数 6次 1KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ 遮断特性 Elliptic

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

カットオフ周波数  $F_c$  1 KHz

周波数  $F_c$  における減衰量又はリプル  $att_p$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_c/F_s$  1.5 倍

Buttons: OK, キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ High Pass Elliptic 次数=6

 $F_p = 1.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 666.6667\text{ Hz}$   $atts = 57.77\text{dB}$ 

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

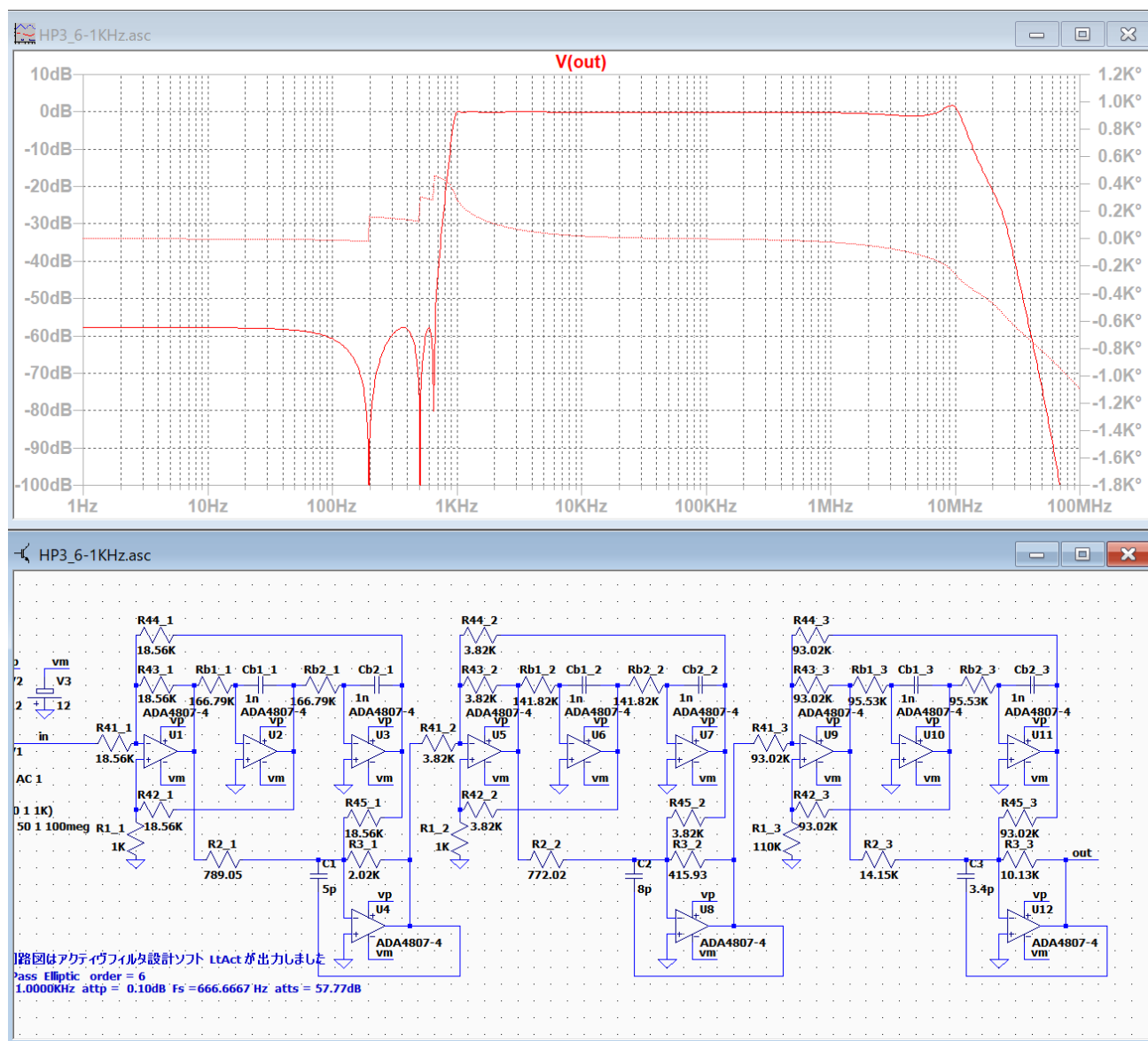
2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	919.7602	35.9460Meg	2.5616	0	3.9155Meg	Q=	6.5185
2	4.3903K	49.7224Meg	0.5388	0	5.4161Meg	Q=	1.6062
3	17.0147K	109.5734Meg	0.7163	0	11.9355Meg	Q=	0.6152

「まとめ HP3 の Cb1\_1 の推奨値」を参照して、 $Cb1\_1 = Cb1\_2 = Cb1\_3 = 1n$  を設定して回路図を出力して V(out)を確認して、オーバシュートがあれば U4, U8, U12 の R3\_?に順に C?を並列接続してオーバシュートを抑制する。

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\楕円関数\test\HP3\_6-1KHz.asc 作

成日時 Fri Nov 27 13:38:24 2020

アナログ High Pass Elliptic 次数=6

Fp = 1.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 666.6667 Hz atts = 57.77dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 166.7919K Cb\_1 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 4.0721 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 789.0548 R3\_1 = 2.0212K R4\_1 (5 個) =  
18.5556K 誤差 = 5.0446 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 141.8156K Cb\_2 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 5.7712 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 772.0206 R3\_2 = 415.9339 R4\_2 (5 個) =  
3.8185K 誤差 = 4.9125 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 95.5317K Cb\_3 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 4.6773 %

3 R1\_3 = 110.0000K R2\_3 = 14.1455K R3\_3 = 10.1325K R4\_3 (5 個) =  
93.0212K 誤差 = 6.5515 %

## ハイパスフィルタ

HP4\_6-1KHz.asc

ハイパス・楕円関数 6次 1KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ハイパスフィルタ	遮断特性	Elliptic
設計するフィルタの次数 m(<=58)	3		
カットオフ周波数 Fc	1	KHz	
周波数Fcにおける減衰量又はリプル attp	0.1	dB	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fc/Fs	1.5	倍	キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ High Pass Elliptic 次数=6

Fp = 1.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 666.6667 Hz atts = 57.77dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

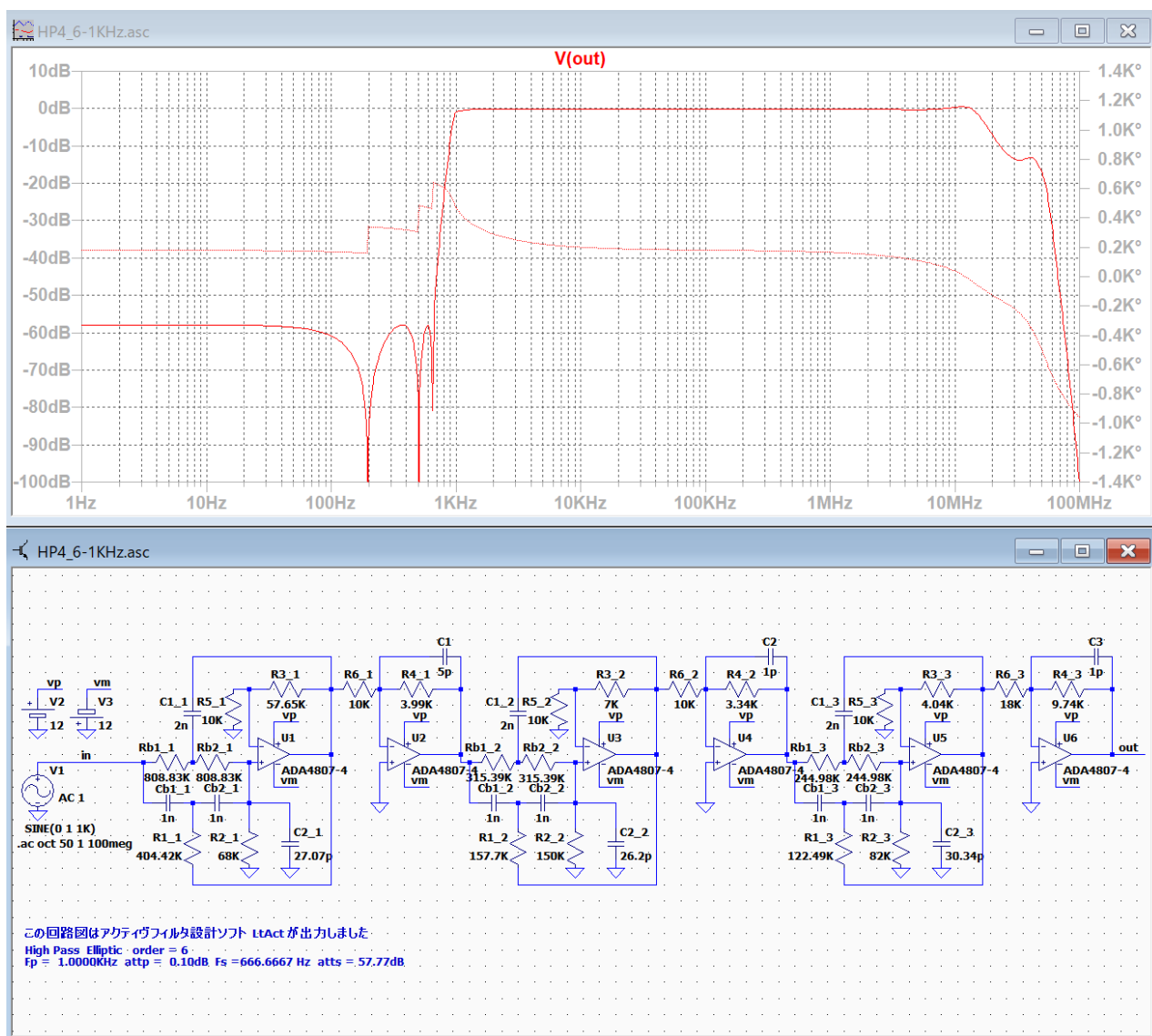
2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	919.7602	35.9460Meg	2.5616	0	3.9155Meg	Q= 6.5185
2	4.3903K	49.7224Meg	0.5388	0	5.4161Meg	Q= 1.6062
3	17.0147K	109.5734Meg	0.7163	0	11.9355Meg	Q= 0.6152

「まとめ HP4 の Cb1\_1 の推奨値」を参照して、Cb1\_1= Cb1\_2 =Cb1\_3=1n を設定して回路図を出力して V(out)を確認して、オーバシュートがあれば U2, U4, U6 の R4\_?に順に C?を並列接続してオーバシュートを抑制する。

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\楕円関数\test\HP4\_6-1KHz.asc 作

成日時 Fri Nov 27 13:48:29 2020

アナログ High Pass Elliptic 次数=6

Fp = 1.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 666.6667 Hz atts = 57.77dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 808.8335K Cb\_1 (2 個) = 1.0000n R1\_1 = 404.4168K C1\_1  
= 2.0000n 誤差 = 3.8228 %

1 R2\_1 = 68.0000K C2\_1 = 27.0654p 誤差 = 0.2417 %

1 R3\_1 = 57.6479K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.8585 %

1 R4\_1 = 3.9916K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.2944 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 315.3940K Cb\_2 (2 個) = 1.0000n R1\_2 = 157.6970K C1\_2  
= 2.0000n 誤差 = 4.8559 %

2 R2\_2 = 150.0000K C2\_2 = 26.2025p 誤差 = 3.0438 %

2 R3\_2 = 7.0011K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 2.8723 %

2 R4\_2 = 3.3350K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.0508 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 244.9792K Cb\_3 (2 個) = 1.0000n R1\_3 = 122.4896K C1\_3  
= 2.0000n 誤差 = 2.8744 %

3 R2\_3 = 82.0000K C2\_3 = 30.3435p 誤差 = 1.1322 %

3 R3\_3 = 4.0364K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 3.3802 %

3 R4\_3 = 9.7432K R6\_3 = 18.0000K 誤差 = 2.6355 %

## ハイパスフィルタ

HP3\_6-100KHz.asc

ハイパス・楕円関数 6 次 100KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  3

カットオフ周波数  $F_c$  100 KHz

周波数  $F_c$  における減衰量又はリプル  $att_p$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_s$  として、 $X_s = F_c/F_s$  1.5 倍

遮断特性 Elliptic

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ High Pass Elliptic 次数=6

 $F_p = 100.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$   $F_s = 66.6667\text{KHz}$   $atts = 57.77\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

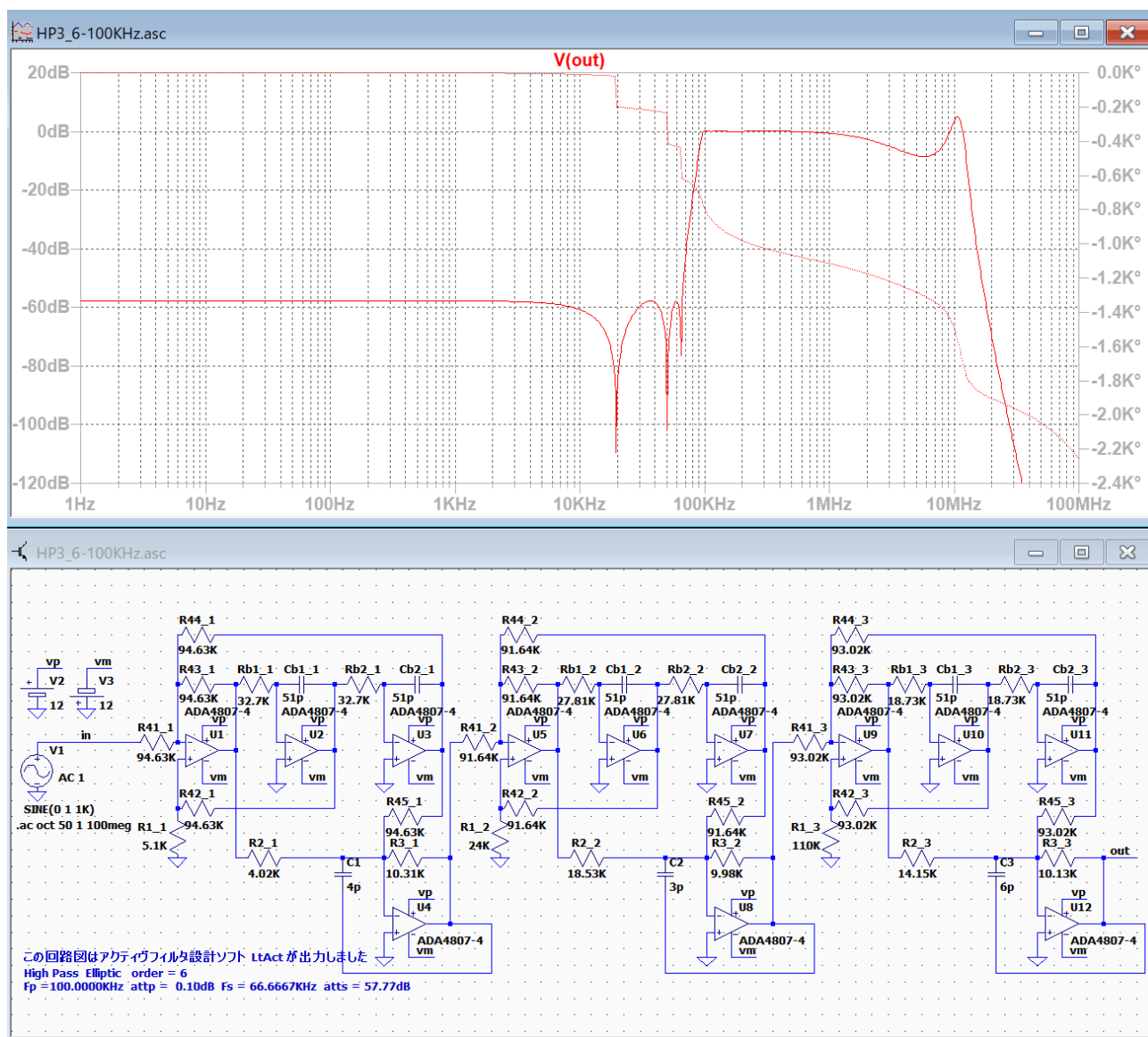
2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	91.9760K	359.4596G	2.5616	0	39.1549G	Q=	6.5185
2	439.0251K	497.2241G	0.5388	0	54.1612G	Q=	1.6062
3	1.7015Meg	1.0957T	0.7163	0	119.3552G	Q=	0.6152

「まとめ HP3 の Cb1\_1 の推奨値」を参照して、 $Cb1\_1 = Cb1\_2 = Cb1\_3 = 50\text{p}$  を設定して回路図を出力して V(out)を確認して、オーバシュートがあれば U4, U8, U12 の R3\_?に順に C?を並列接続してオーバシュートを抑制する。

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図



通過域のゲインの変動が大きい。



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\楕円関数\test\HP3\_6-100KHz.asc

作成日時 Fri Nov 27 14:02:50 2020

アナログ High Pass Elliptic 次数=6

Fp=100.0000KHz attp=0.1000dB Fs=66.6667KHz atts=57.77dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 32.7043K Cb\_1 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 0.9042 %

1 R1\_1 = 5.1000K R2\_1 = 4.0242K R3\_1 = 10.3082K R4\_1 (5 個) =  
94.6337K 誤差 = 5.7623 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 27.8070K Cb\_2 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 2.9021 %

2 R1\_2 = 24.0000K R2\_2 = 18.5285K R3\_2 = 9.9824K R4\_2 (5 個) =  
91.6430K 誤差 = 2.9426 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 18.7317K Cb\_3 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 3.9062 %

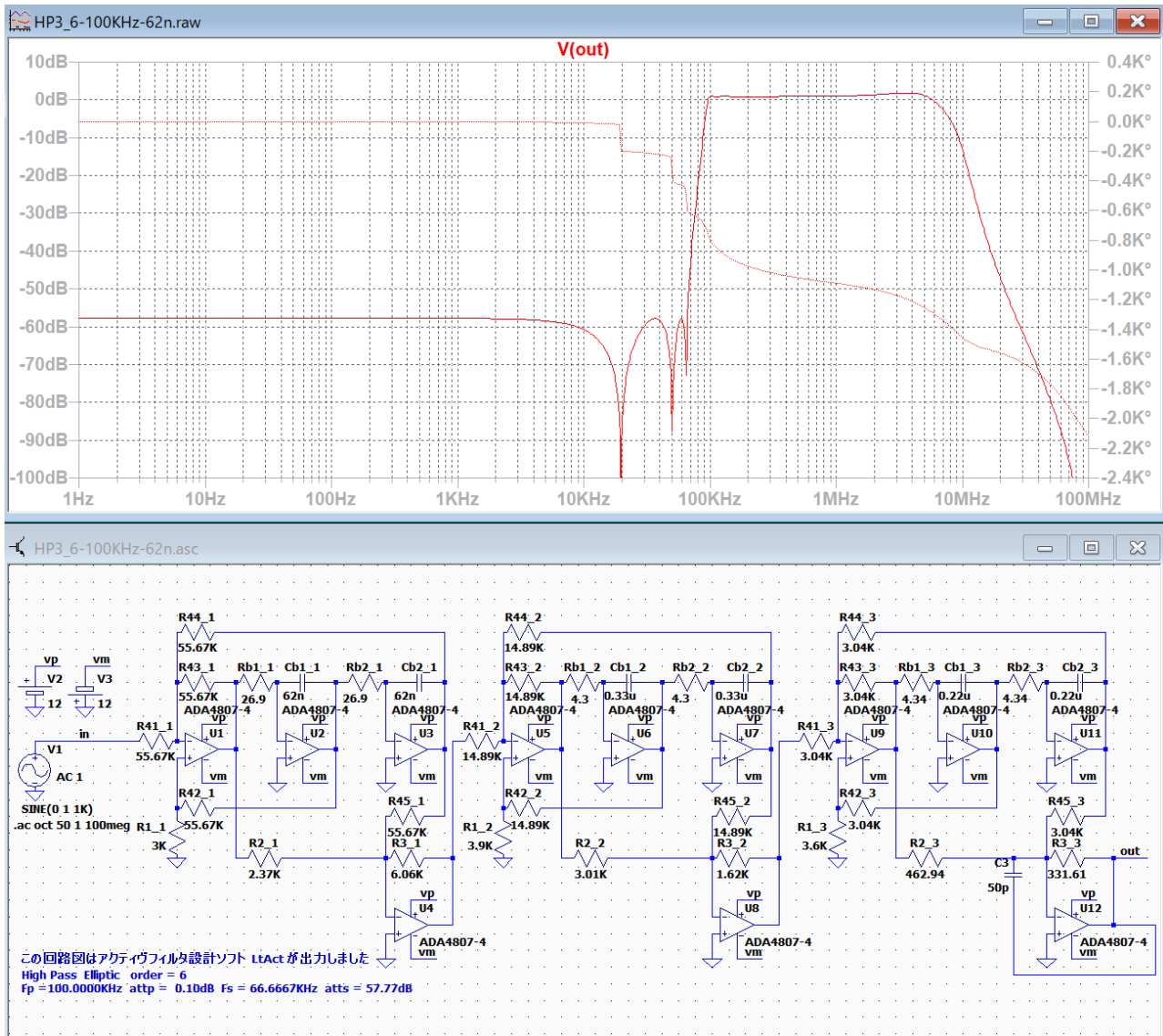
3 R1\_3 = 110.0000K R2\_3 = 14.1455K R3\_3 = 10.1325K R4\_3 (5 個) =  
93.0212K 誤差 = 6.5515 %

## ハイパスフィルタ

## 改良した回路図

下図では、通過域が滑らかに 7MHz まで広がりました。

HP3\_6-100KHz-62n.asc



Cb1\_1 を 51p から 62n に変更して、Cb1\_2 は 51p から 0.33u、Cb1\_3 は 51p から 0.22u に変更して、各ブロックにおけるオーバシュートを小さくしてから、最後に U12 の R3\_3 に C3=50p を並列接続してオーバシュートを抑えました。

オーバシュートを消せない時には、コンデンサの値を大きく変えてみることも必要です。

## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\楕円関数\test\HP3\_6-100KHz.asc

作成日時 Fri Nov 27 14:51:13 2020

アナログ High Pass Elliptic 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 66.6667KHz atts = 57.77dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 26.9019 Cb\_1 (2 個) = 62.0000n 誤差 = 0.3646 %

1 R1\_1 = 3.0000K R2\_1 = 2.3672K R3\_1 = 6.0636K R4\_1 (5 個) =  
55.6669K 誤差 = 2.7092 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 4.2974 Cb\_2 (2 個) = 0.3300u 誤差 = 0.0595 %

2 R1\_2 = 3.9000K R2\_2 = 3.0109K R3\_2 = 1.6221K R4\_2 (5 個) =  
14.8920K 誤差 = 1.5874 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 4.3424 Cb\_3 (2 個) = 0.2200u 誤差 = 0.9753 %

3 R1\_3 = 3.6000K R2\_3 = 462.9442 R3\_3 = 331.6106 R4\_3 (5 個) =  
3.0443K 誤差 = 2.1632 %

## ハイパスフィルタ

HP4\_6-100KHz.asc

ハイパス・楕円関数 6 次 100KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	ハイパスフィルタ	遮断特性	Elliptic
設計するフィルタの次数 m(<=58)	6		
カットオフ周波数 Fc	100	KHz	
周波数Fcにおける減衰量又はリプル attp	0.1	dB	OK
最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fc/Fs	1.5	倍	キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ High Pass Elliptic 次数=6

Fp = 100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 66.6667KHz atts = 57.77dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

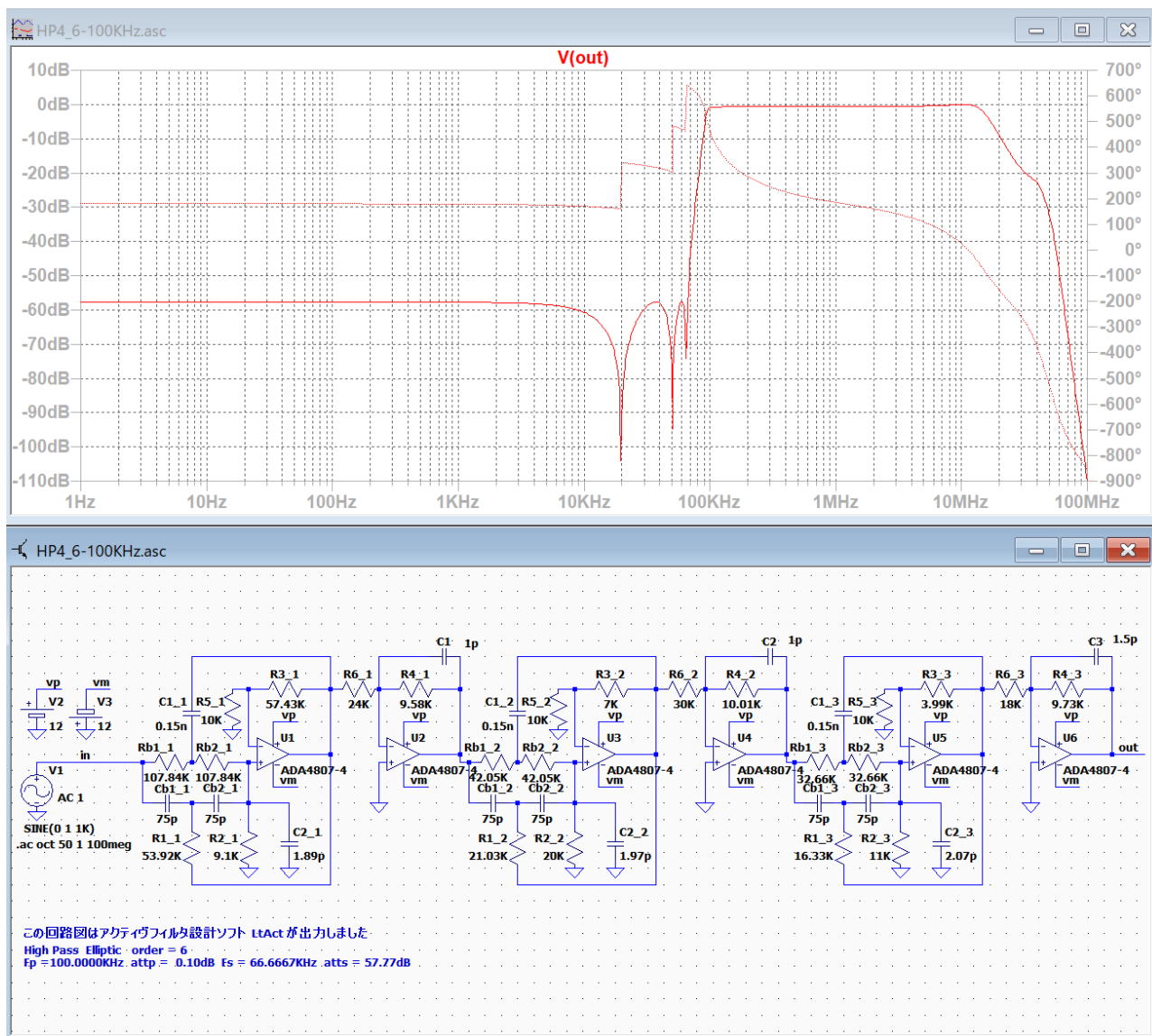
2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	91.9760K	359.4596G	2.5616	0	39.1549G	Q=	6.5185
2	439.0251K	497.2241G	0.5388	0	54.1612G	Q=	1.6062
3	1.7015Meg	1.0957T	0.7163	0	119.3552G	Q=	0.6152

「まとめ HP4 の Cb1\_1 の推奨値」を参照して、Cb1\_1= Cb1\_2 =Cb1\_3=75p を設定して回路図を出力して V(out)を確認して、オーバシュートがあれば U2, U4, U6 の R4\_?に順に C?を並列接続してオーバシュートを抑制する。

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図



## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\楕円関数\test\HP4\_6-100KHz.asc

作成日時 Fri Nov 27 14:57:25 2020

アナログ High Pass Elliptic 次数=6

Fp=100.0000KHz attp = 0.1000dB Fs = 66.6667KHz atts = 57.77dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 107.8445K Cb\_1 (2 個) = 75.0000p R1\_1 = 53.9222K C1\_1  
= 0.1500n 誤差 = 4.3408 %

1 R2\_1 = 9.1000K C2\_1 = 1.8910p 誤差 = 4.8098 %

1 R3\_1 = 57.4277K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.4860 %

1 R4\_1 = 9.5773K R6\_1 = 24.0000K 誤差 = 4.4135 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 42.0525K Cb\_2 (2 個) = 75.0000p R1\_2 = 21.0263K C1\_2  
= 0.1500n 誤差 = 5.1500 %

2 R2\_2 = 20.0000K C2\_2 = 1.9652p 誤差 = 1.7716 %

2 R3\_2 = 7.0011K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 2.8723 %

2 R4\_2 = 10.0051K R6\_2 = 30.0000K 誤差 = 0.0513 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 32.6639K Cb\_3 (2 個) = 75.0000p R1\_3 = 16.3319K C1\_3  
= 0.1500n 誤差 = 2.2781 %

3 R2\_3 = 11.0000K C2\_3 = 2.0693p 誤差 = 3.3472 %

3 R3\_3 = 3.9895K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 2.2440 %

3 R4\_3 = 9.7251K R6\_3 = 18.0000K 誤差 = 2.8263 %

## ハイパスフィルタ

HP3\_6-1MHz.asc

ハイパス・楕円関数 6次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ 遮断特性 Elliptic

設計するフィルタの次数 m(<=58) 3

カットオフ周波数 Fc 1 Meg

周波数Fcにおける減衰量又はリプル attp 0.1 dB

最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fc/Fs 1.5 倍

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ High Pass Elliptic 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs =666.6667KHz atts = 57.77dB

2次式の形式

$$H_n = \frac{P_{n_2} * s^2 + P_{n_3} * s + P_{n_4}}{s^2 + P_{n_0} * s + P_{n_1}}$$

2次式

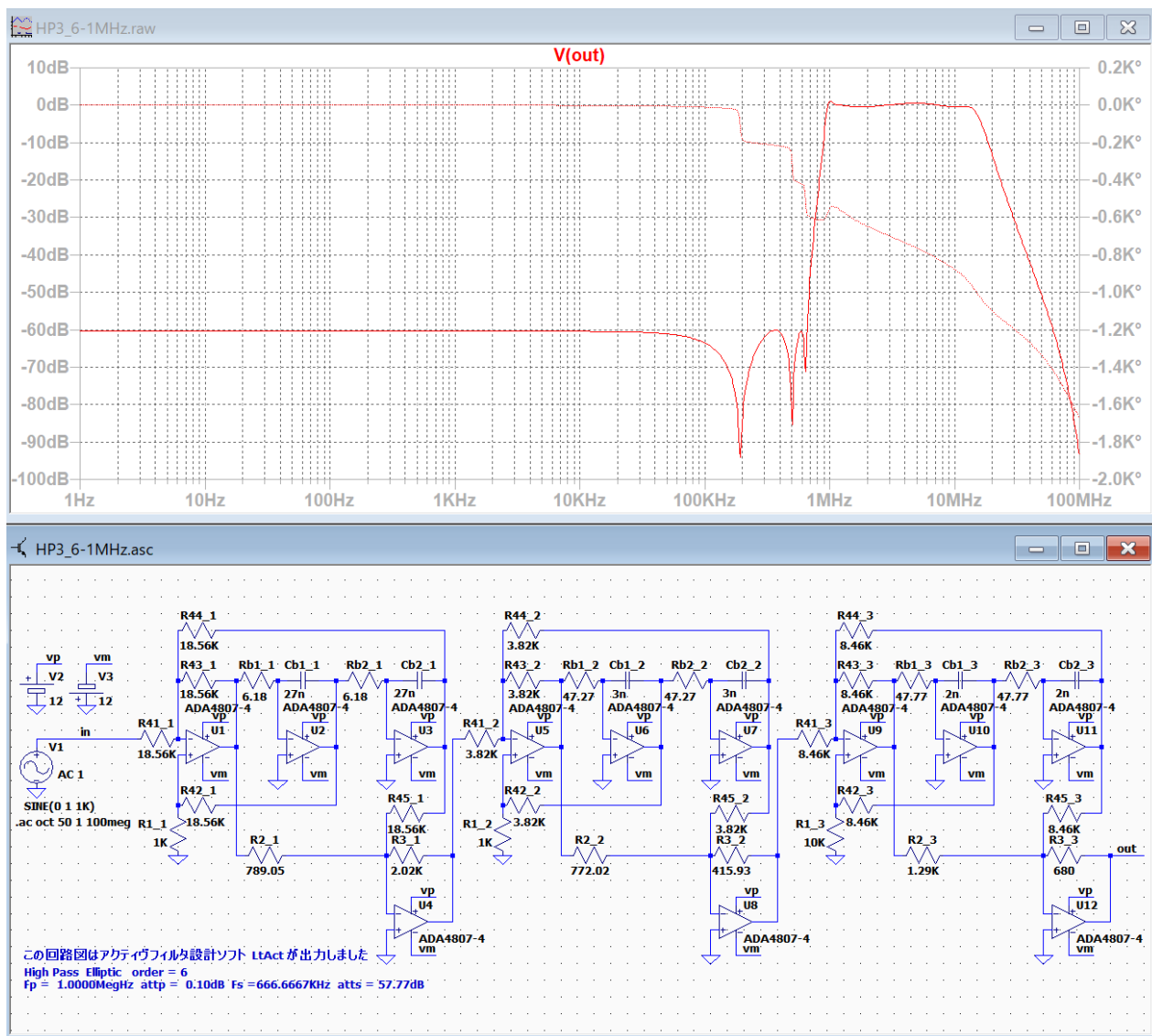
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	919.7602K	35.9460T	2.5616	0	3.9155T	6.5185
2	4.3903Meg	49.7224T	0.5388	0	5.4161T	1.6062
3	17.0147Meg	109.5734T	0.7163	0	11.9355T	0.6152

「まとめ HP3 の Cb1\_1 の推奨値」を参照して、Cb1\_1= Cb1\_2 =Cb1\_3=30p を設定して回路図を出力して V(out)を確認して、オーバシュートがあれば U4, U8, U12 の R3\_?に順に C?を並列接続してオーバシュートを抑制する。

設定した値では、オーバシュートを抑制出来なかったのでコンデンサの値を大きく変えて調整してみた。

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路





## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\楕円関数\test\HP3\_6-1MHz.asc 作

成日時 Fri Nov 27 15:11:46 2020

アナログ High Pass Elliptic 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs =666.6667KHz atts = 57.77dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 6.1775 Cb\_1 (2 個) = 27.0000n 誤差 = 0.3646 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 789.0548 R3\_1 = 2.0212K R4\_1 (5 個) =  
18.5556K 誤差 = 5.0446 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 47.2719 Cb\_2 (2 個) = 3.0000n 誤差 = 0.5751 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 772.0206 R3\_2 = 415.9339 R4\_2 (5 個) =  
3.8185K 誤差 = 4.9125 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 47.7659 Cb\_3 (2 個) = 2.0000n 誤差 = 1.6033 %

3 R1\_3 = 10.0000K R2\_3 = 1.2860K R3\_3 = 921.1405 R4\_3 (5 個) =  
8.4565K 誤差 = 3.4429 %

## ハイパスフィルタ

HP4\_6-1MHz.asc

ハイパス・楕円関数 6次 1MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 ハイパスフィルタ 遮断特性 Elliptic

設計するフィルタの次数 m(<=58) 3

カットオフ周波数 Fc 1 Meg

周波数Fcにおける減衰量又はリプル attp 0.1 dB

最低減衰量に達する周波数をFsとして、Xs = Fc/Fs 1.5 倍

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アログ High Pass Elliptic 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs =666.6667KHz atts = 57.77dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

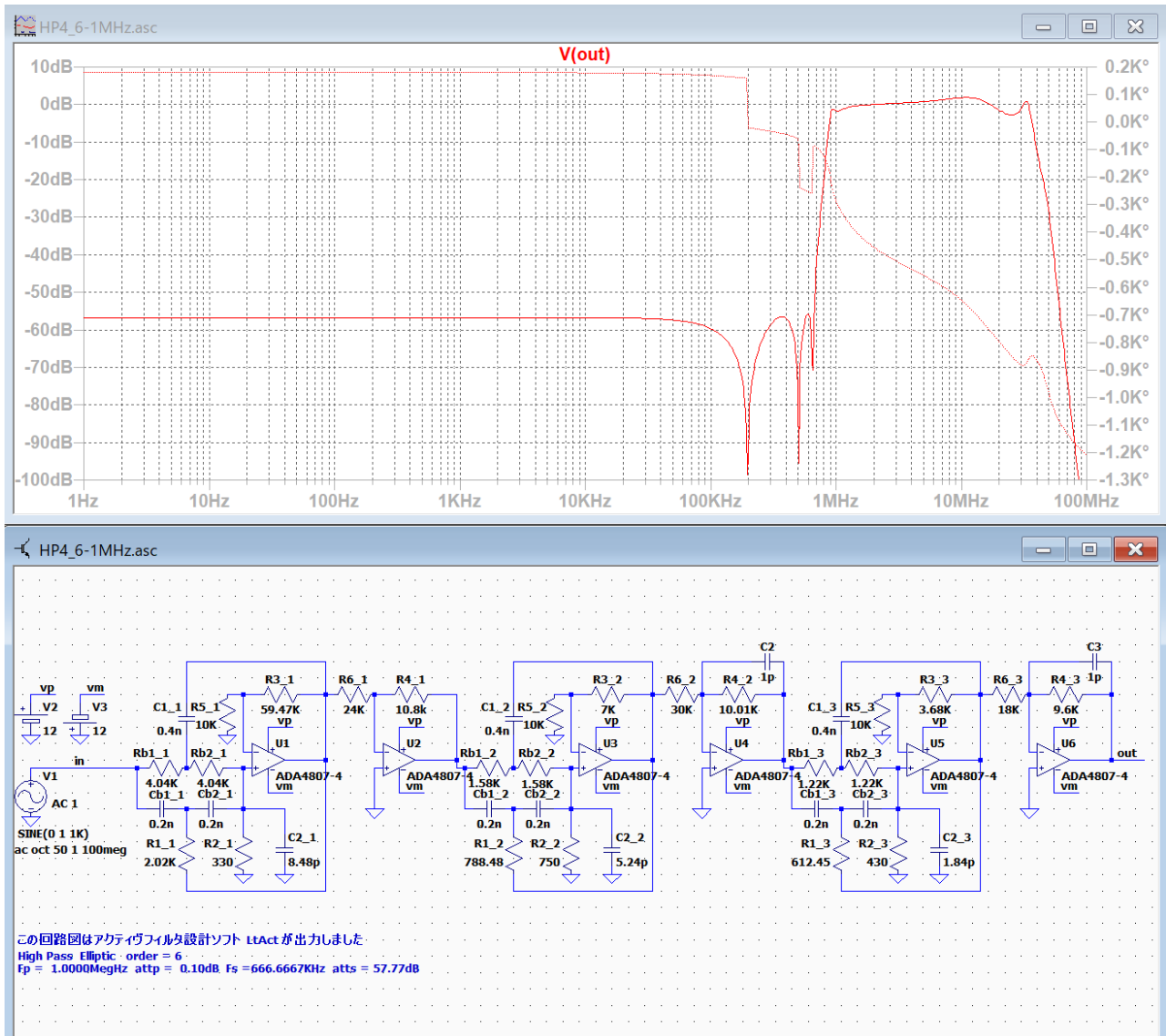
2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	919.7602K	35.9460T	2.5616	0	3.9155T	Q=	6.5185
2	4.3903Meg	49.7224T	0.5388	0	5.4161T	Q=	1.6062
3	17.0147Meg	109.5734T	0.7163	0	11.9355T	Q=	0.6152

「まとめ HP4 の Cb1\_1 の推奨値」を参照して、Cb1\_1= Cb1\_2 =Cb1\_3=200p を設定して回路図を出力して V(out)を確認して、オーバシュートがあれば U2, U4, U6 の R4\_?に順に C?を並列接続してオーバシュートを抑制する。

## ハイパスフィルタ

## 完成した回路図



C2 と C3 を接続してオーバシュートを抑制し、ゲインを調整するために R4\_1 を 9.6K から 10.8K に変更した。

## ハイパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\ハイパス\楕円関数\test\HP4\_6-1MHz.asc 作

成日時 Fri Nov 27 15:49:40 2020

アノグ High Pass Elliptic 次数=6

Fp = 1.0000MegHz attp = 0.1000dB Fs =666.6667KHz atts = 57.77dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 4.0442K Cb\_1 (2 個) = 0.2000n R1\_1 = 2.0221K C1\_1  
= 0.4000n 誤差 = 4.4890 %

1 R2\_1 = 330.0000 C2\_1 = 8.4786p 誤差 = 3.2855 %

1 R3\_1 = 59.4697K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 4.2548 %

1 R4\_1 = 9.5999K R6\_1 = 24.0000K 誤差 = 4.1683 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 1.5770K Cb\_2 (2 個) = 0.2000n R1\_2 = 788.4850 C1\_2  
= 0.4000n 誤差 = 4.9354 %

2 R2\_2 = 750.0000 C2\_2 = 5.2405p 誤差 = 2.6809 %

2 R3\_2 = 7.0011K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 2.8723 %

2 R4\_2 = 10.0051K R6\_2 = 30.0000K 誤差 = 0.0513 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 1.2249K Cb\_3 (2 個) = 0.2000n R1\_3 = 612.4479 C1\_3  
= 0.4000n 誤差 = 3.4499 %

3 R2\_3 = 430.0000 C2\_3 = 1.8426p 誤差 = 2.3105 %

3 R3\_3 = 3.6764K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 2.0781 %

3 R4\_3 = 9.6013K R6\_3 = 18.0000K 誤差 = 4.1526 %

## バンドパスフィルタ

## バンドパスフィルタ

## 基本回路 BP1 のコンデンサ値

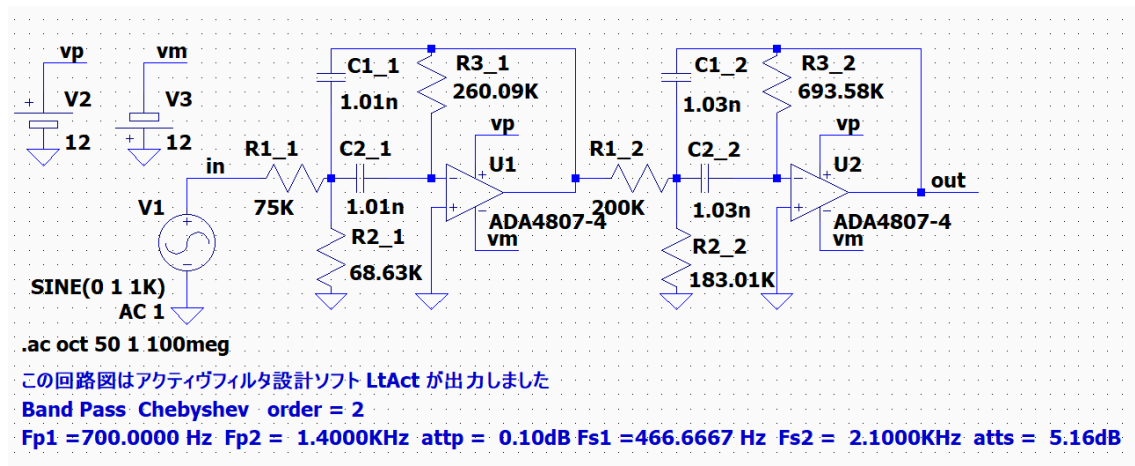
BP1 はバターワースとチェビシェフのバンドパスフィルタで使用する基本回路です。

フィルタの周波数と回路の Q 値ごとにコンデンサの利用可能な値を確認しました。

C1\_1 の値を 10p から 100u まで、遮断特性を確認して推奨値をまとめました。

高次数のバンドパスフィルタのコンデンサ値を設定する時に参考になると思います。

## バンドパス・チェビシェフ 2 次 0.7KHz-1.4KHz BP1

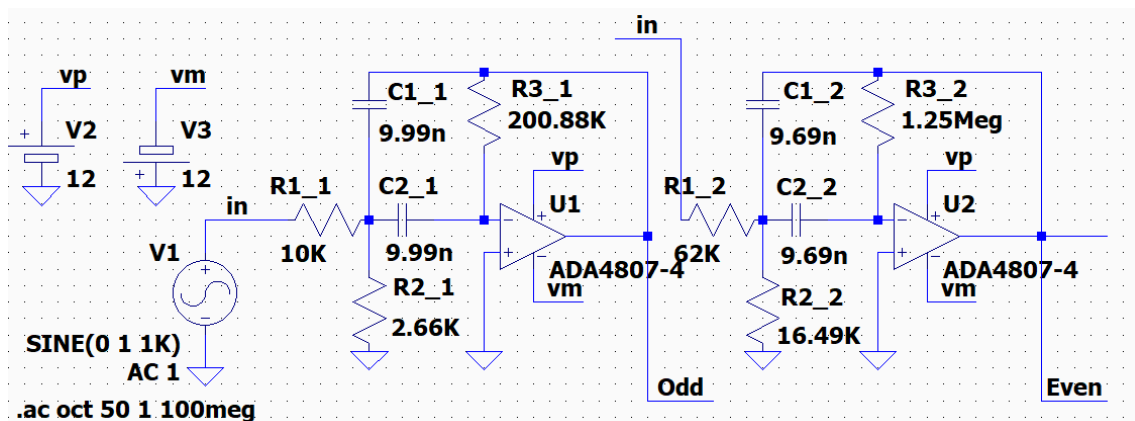


Fp1 と Fp2 の幾何平均が 1 KHz になるように、Fp1=0.707 K, Fp2=1.414 K と設定して 2 つのコンデンサ C1\_1, C1\_2 の値を同時に確認する。

Q=5, 2, 1 に対するパラメータの設定は、それぞれ attp = 3, 0.5, 0.1 dB になります。

バンドパスフィルタは 1 次のフィルタが 2 つ縦続接続されて 2 次のフィルタを構成しています。1 番目のブロックは通過域右端 Fp2 用のバンドパスフィルタで、2 番目のブロックは通過域左端 Fp1 用のバンドパスフィルタです。

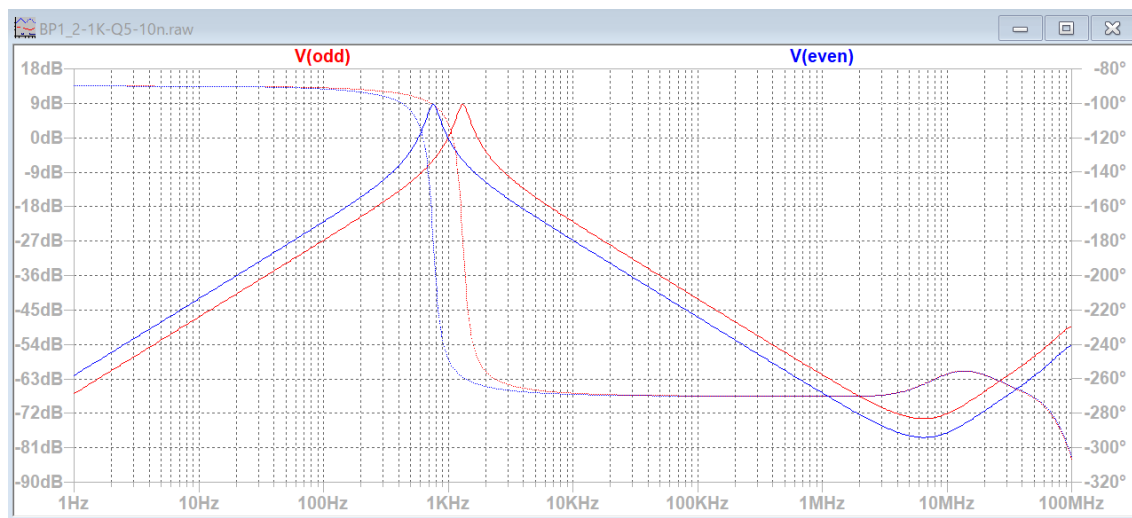
2 つのフィルタそれぞれに最適なコンデンサの値を探すために、2 番目のブロックの R1\_2 を入力 in に接続します。



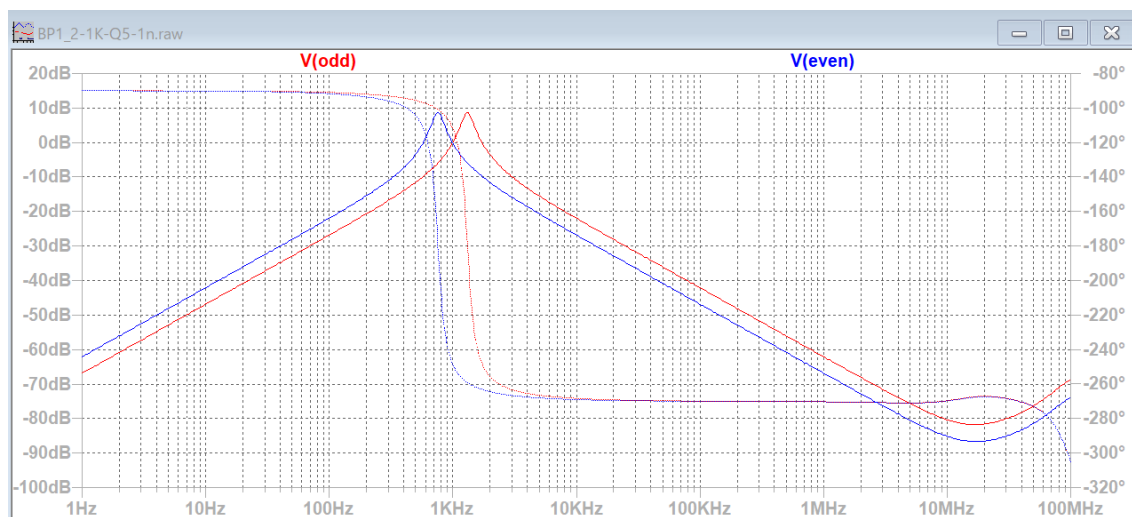
## 基本回路 BP1 のコンデンサ値バンドパス・チェビシェフ 2 次 0.7KHz-1.4KHz BP1

## バンドパスフィルタ

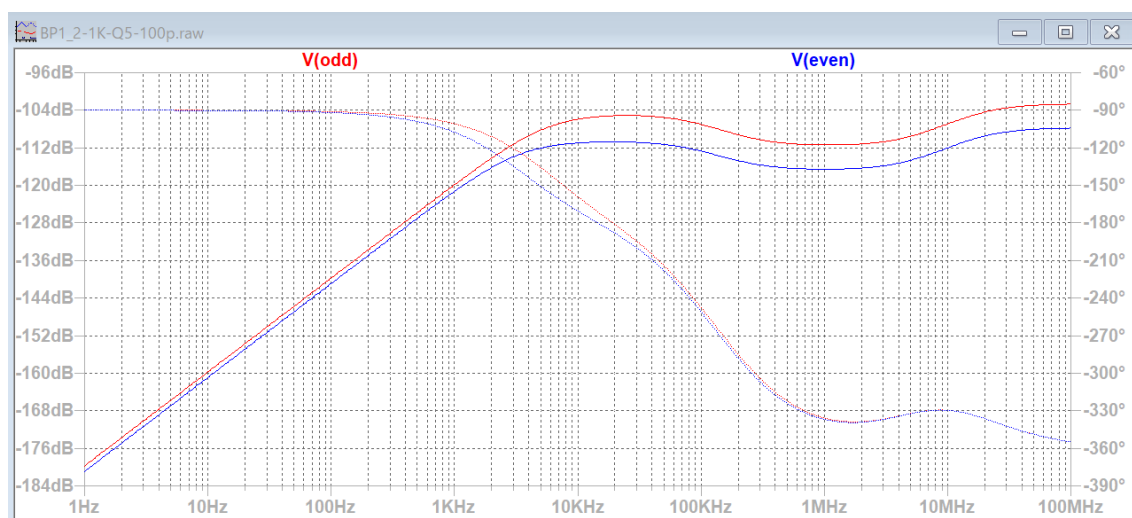
Q=5, 1KHz, C1\_1=C1\_2=10n の場合



Q=5, 1KHz, C1\_1=C1\_2=1n の場合



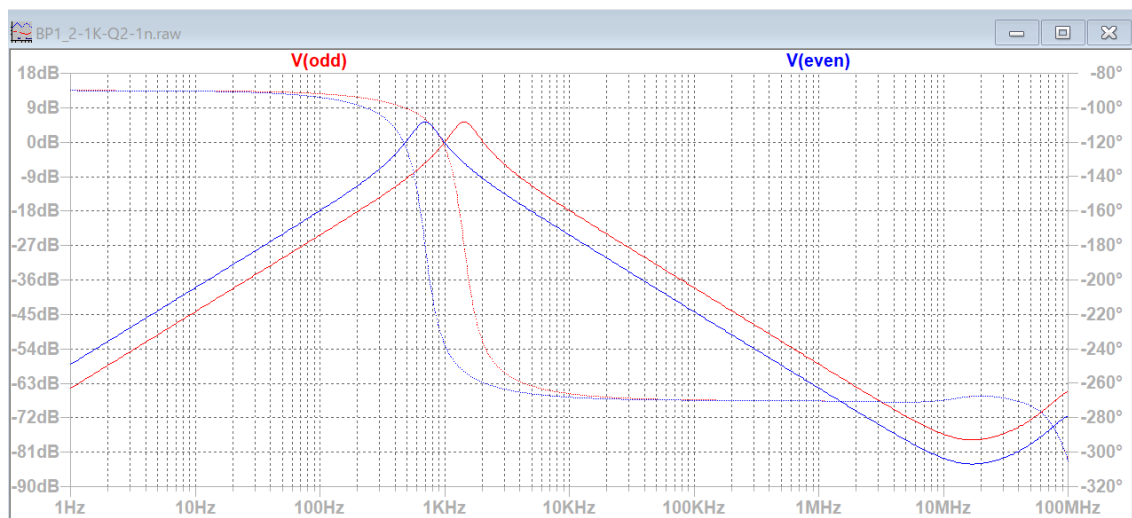
Q=5, 1KHz, C1\_1=C1\_2=100p の場合 フィルタとして機能しません。



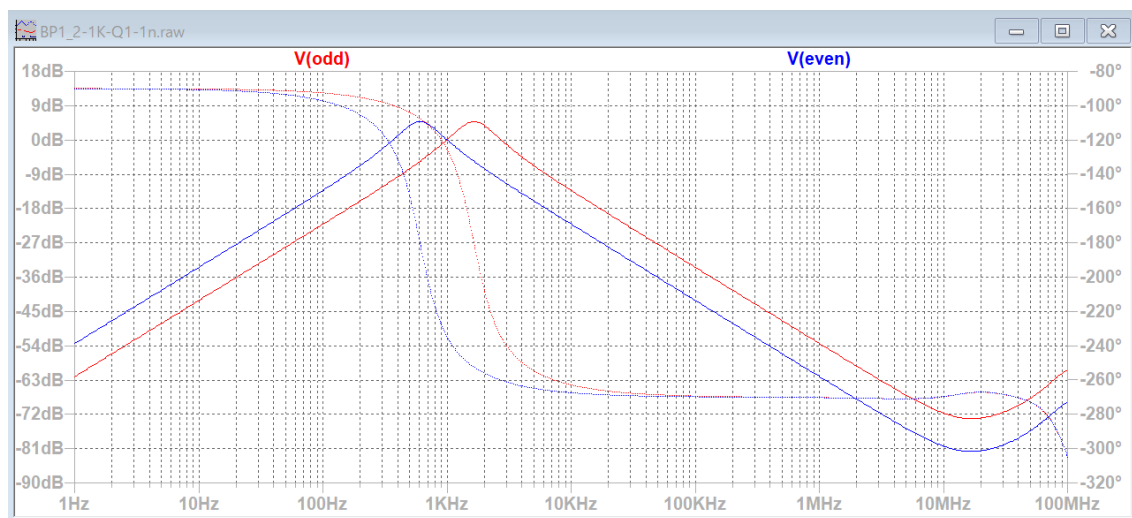
基本回路 BP1 のコンデンサ値バンドパス・チェビシェフ 2次 0.7KHz-1.4KHz BP1

## バンドパスフィルタ

Q=2, 1KHz, C1\_1=C1\_2=1n の場合



Q=1, 1KHz, C1\_1=C1\_2=1n の場合



以上の結果より、Q=5~1, 1KHz に対する C1\_1 の推奨値を 1n とする。

同様にして、10KHz, 100KHz, 1MHz に対する推奨値を探して表を作成する。

まとめ BP1 の C1\_1 の値

この表はオペアンプに ADA4807-4 を利用する場合の値です。

BP1	C1_1の値		
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	50p	50p	50p
1000	30p	30p	30p

BP1 を使用するバンドパスフィルタは、次数の数だけ基本回路 BP1 が使用されます。

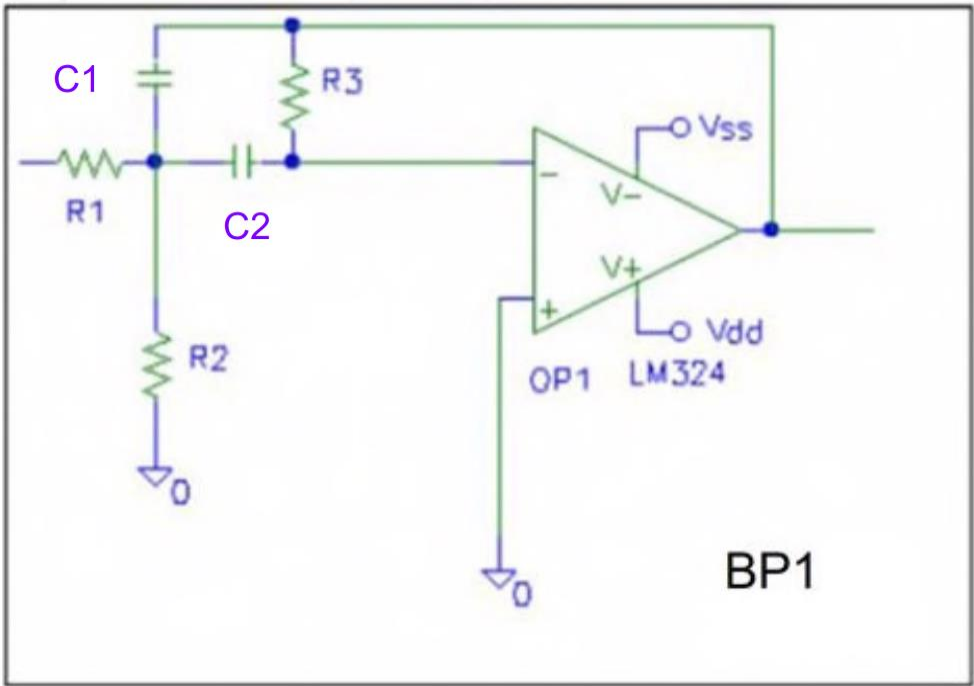


図6-1 1次のバンドパスフィルタ基本回路 1 bpat1.cir

奇数次数の BP1 フィルタの第 1 ブロックは表より周波数 $Fc = \sqrt{Fp1 \cdot Fp2}$ に見合った C1\_1 の値を設定して下さい。

BP1 フィルタは  $Fp2 / Fp1 > 5$  の場合は設計ができません。



## バンドパスフィルタ

## 4 次 フィルタの設計手順

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ 遮断特性 チェビシェフ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  4

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$  1 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p1} \times x_s)$  4 KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $att_p$  0.1 dB OK

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍 キャンセル

4 次バンドパス・チェビシェフフィルタを「まとめ BP1 の C1\_1 の値」を参考にして設計する手順を説明します。

伝達関数の係数をファイルに出力します。

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=4

$F_{p1} = 1.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 4.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$

$F_{s1} = 666.6667\text{ Hz}$   $F_{s2} = 6.0000\text{KHz}$   $atts = 18.64\text{dB}$

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$H_n = \text{-----}$

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

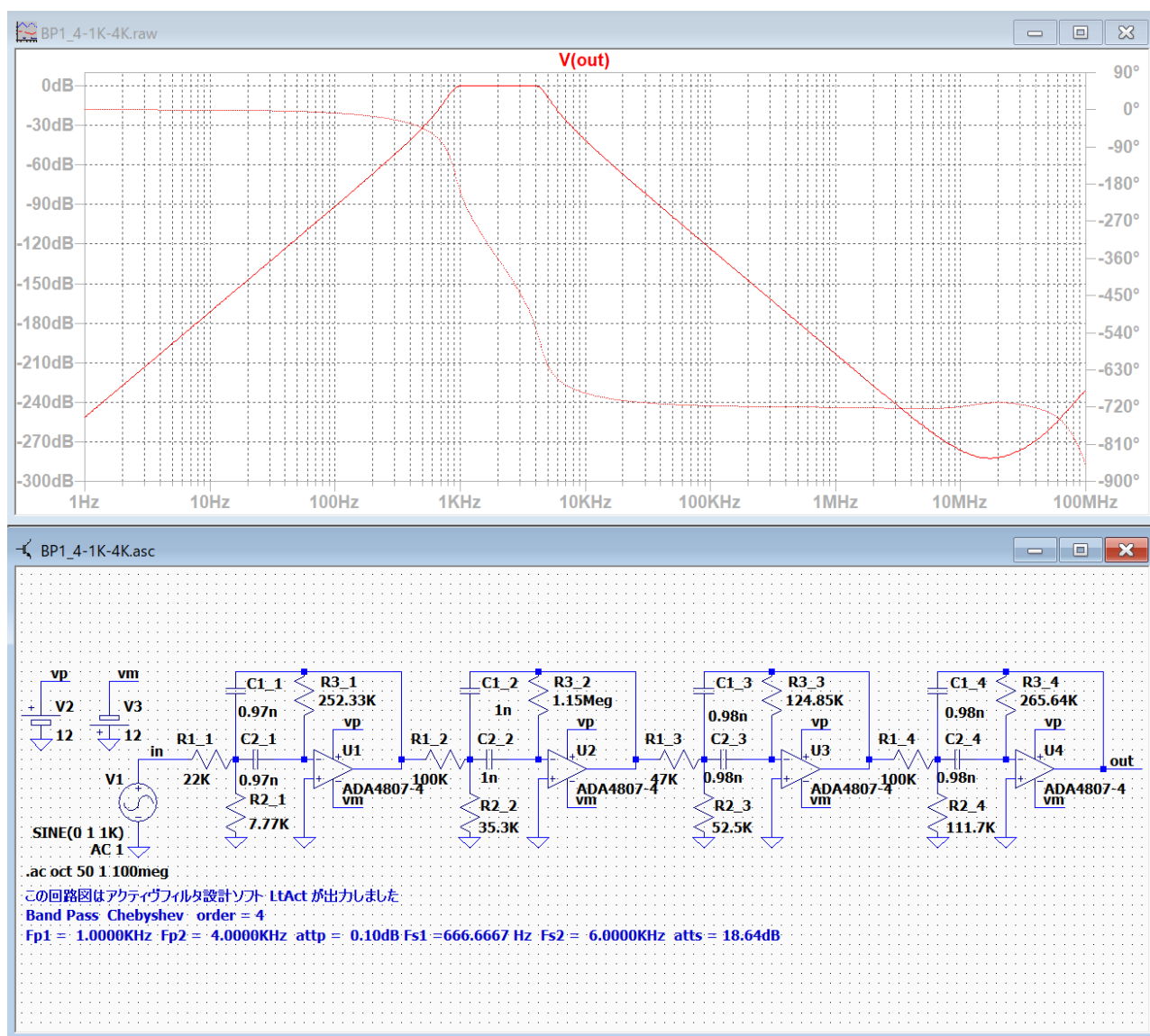
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	8.2078K	740.3432Meg	0	47.0694K	0	Q= 3.3151
2	1.7507K	33.6827Meg	0	10.0398K	0	Q= 3.3151
3	16.3846K	337.8946Meg	0	21.7620K	0	Q= 1.1219
4	7.6573K	73.8003Meg	0	10.1704K	0	Q= 1.1219

$F_{p1}=1\text{KHz}$ ,  $F_{p2}=4\text{KHz}$  より幾何平均が  $2\text{KHz}$  になるので、 $1\text{KHz}$  の値を参考にする。

Q 値より  $C1\_1=C1\_2=1n$  に設定して回路図ファイルを出力して  $V(\text{out})$ を確認します。

## バンドパスフィルタ

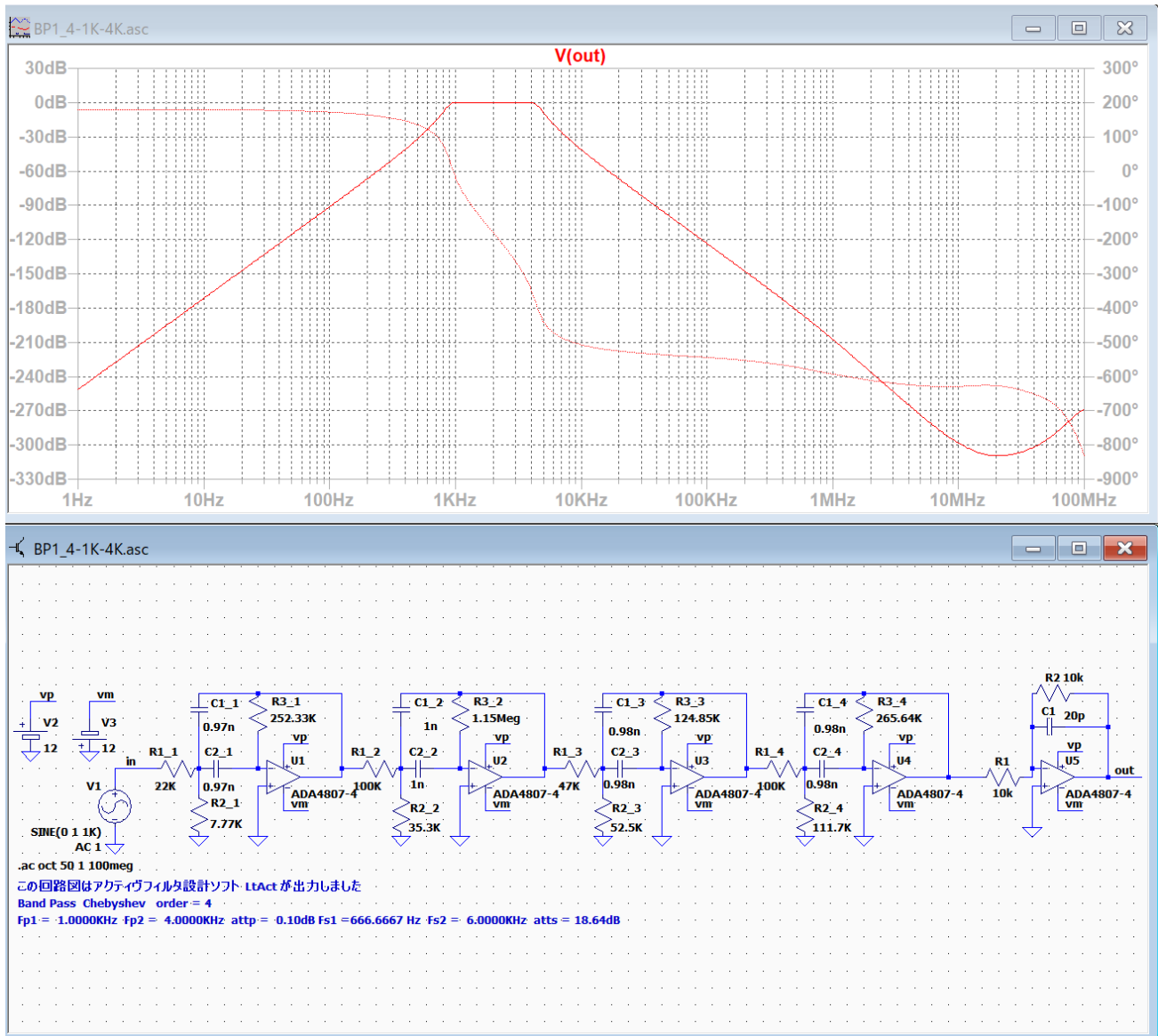
## 完成した回路図



20MHz から遮断特性が落ちていますが、-230dB 以上なので問題は無いと思います。

それでも、次のようにオペアンプを追加すると改善出来ます。

## バンドパスフィルタ



100MHz で-270dB に改善できました。

## バンドパスフィルタ

## 基本回路 BP2 のコンデンサ値

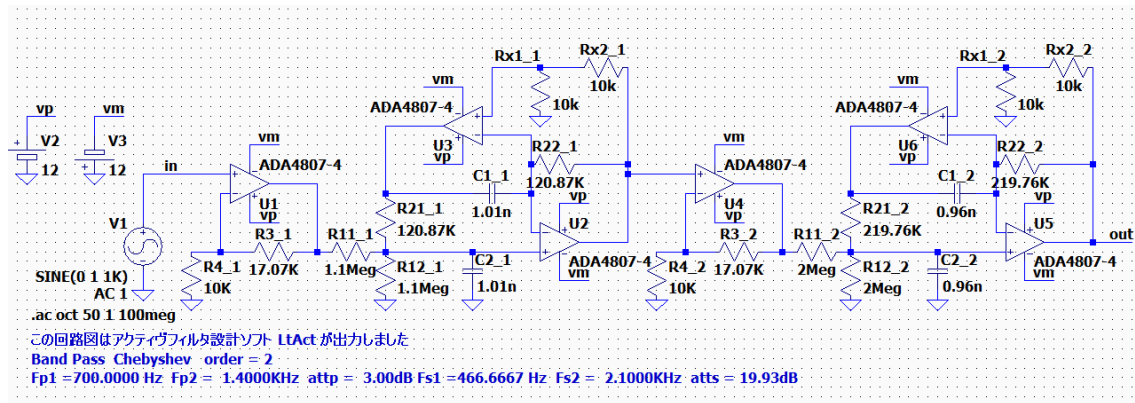
BP2 はバターワースとチェビシェフのバンドパスフィルタで使用される基本回路です。

フィルタの周波数と回路の Q 値ごとにコンデンサの利用可能な範囲を確認しました。

C1\_1 の値を 10p から 100u まで、遮断特性を確認して推奨値をまとめました。

高次数のバンドパスフィルタのコンデンサ値を設定する時に参考になると思います。

## バンドパス・チェビシェフ 2 次 0.7KHz-1.4KHz BP2

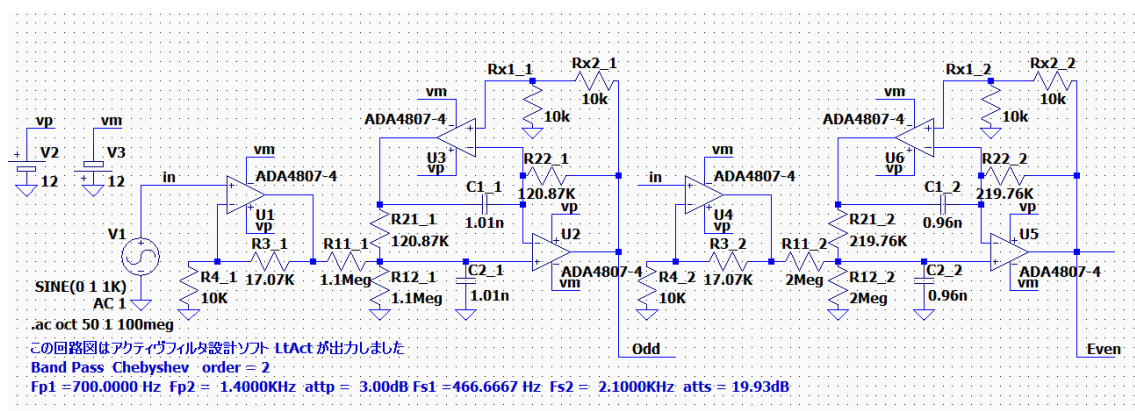


Fp1 と Fp2 の幾何平均が 1 KHz になるように、Fp1=0.707 K, Fp2=1.414 K と設定して 2 つのコンデンサ C1\_1, C1\_2 の値を同時に確認する。

Q=5, 2, 1 に対するパラメータの設定は、それぞれ attp = 3, 0.5, 0.1 dB になります。

バンドパスフィルタは 1 次のフィルタが 2 つ縦続接続されて 2 次のフィルタを構成しています。1 番目のブロックは通過域右端 Fp2 用のバンドパスフィルタで、2 番目のブロックは通過域左端 Fp1 用のバンドパスフィルタです。

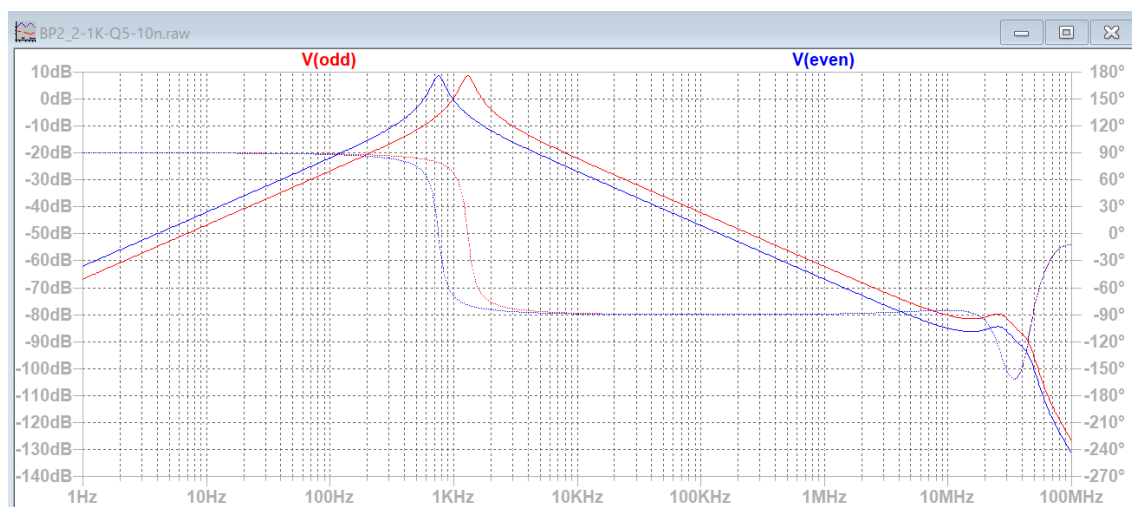
2 つのフィルタそれぞれに最適なコンデンサの値を探すために、2 番目のブロックの R1\_2 を入力 in に接続します。



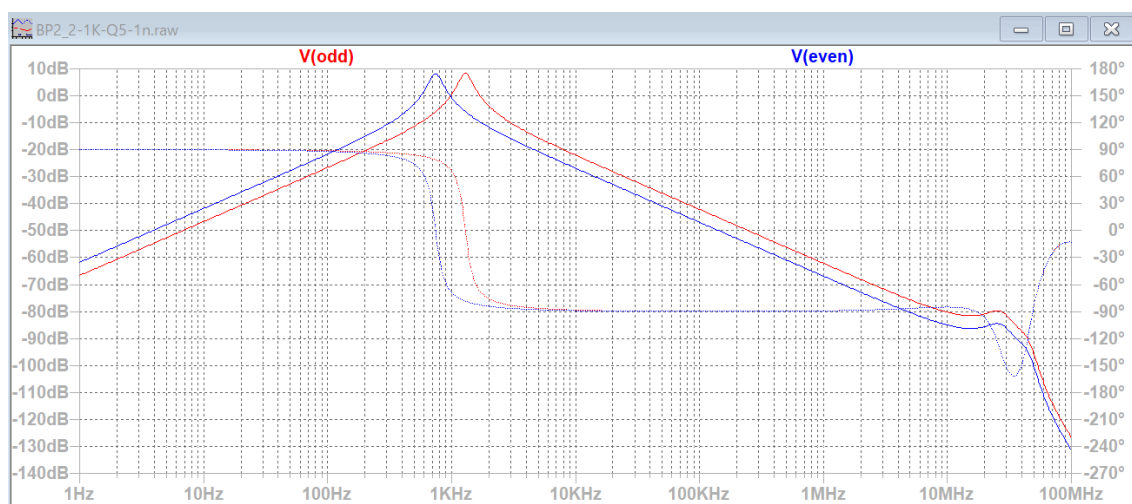
## 基本回路 BP2 のコンデンサ値バンドパス・チェビシェフ 2 次 0.7KHz-1.4KHz BP2

## バンドパスフィルタ

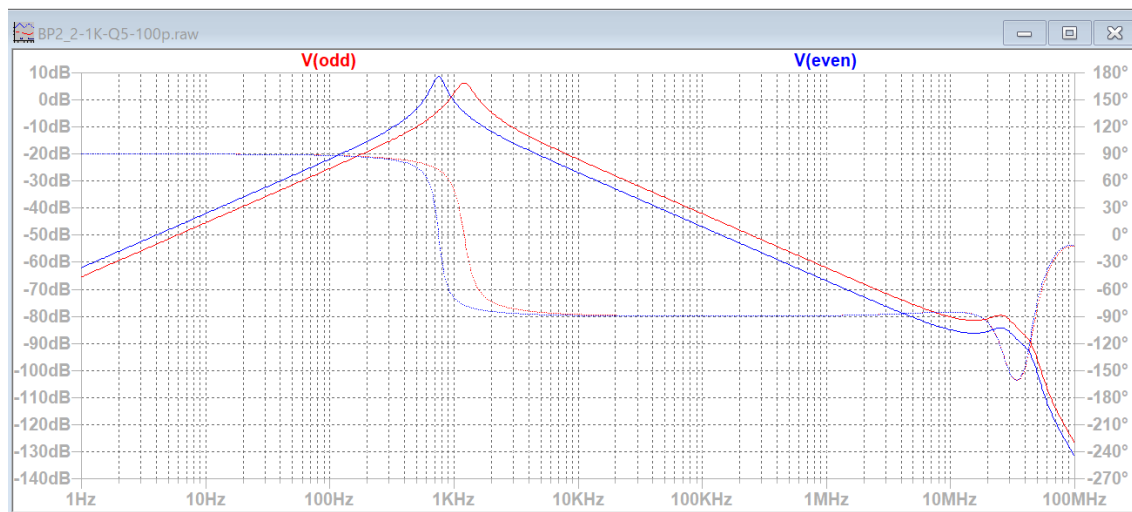
Q=5, 1KHz, C1\_1=10n の場合



Q=5, 1KHz, C1\_1=1n の場合



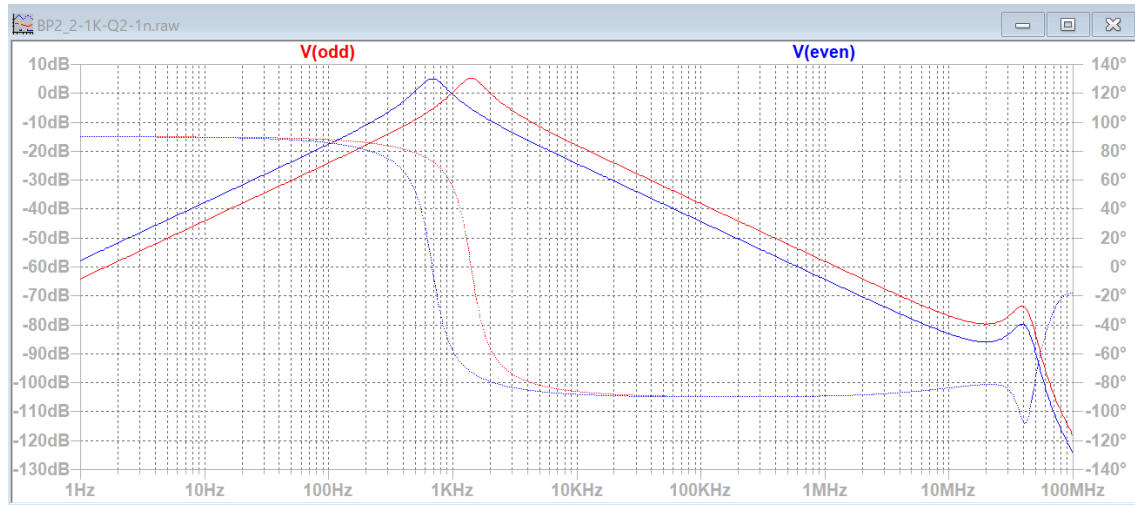
Q=5, 1KHz, C1\_1=100p の場合



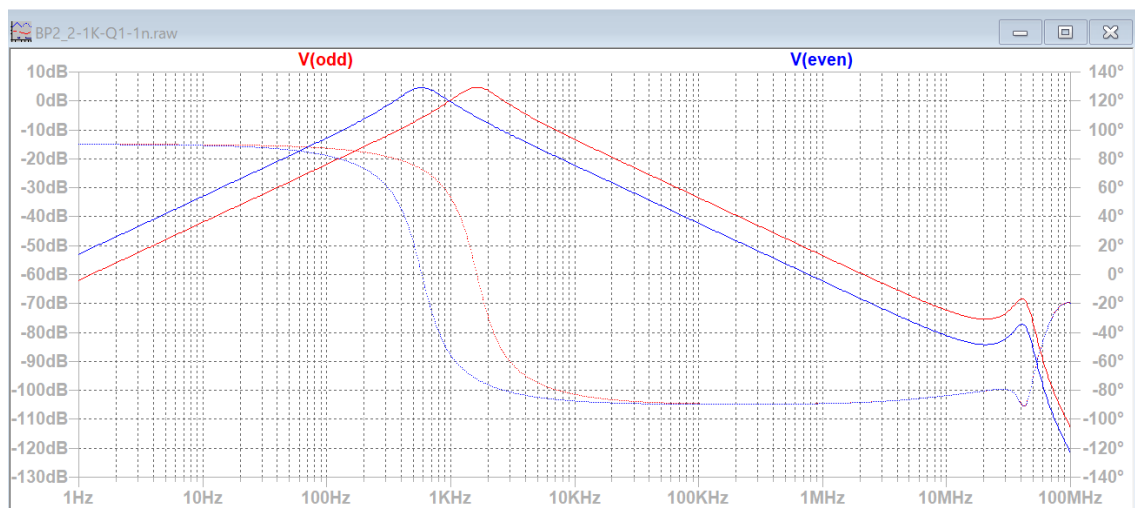
基本回路 BP2 のコンデンサ値バンドパス・チェビシェフ 2次 0.7KHz-1.4KHz BP2

## バンドパスフィルタ

Q=2, 1KHz, C1\_1=1n の場合



Q=1, 1KHz, C1\_1=1n の場合



以上の結果より、Q=5~1, 1KHz に対する C1\_1 の推奨値を 1n とする。

同様に、10KHz, 100KHz, 1MHz に対する推奨値を探して表を作成する。

## バンドパスフィルタ

## まとめ BP2 の C1\_1 の値

この表はオペアンプに ADA4807-4 を利用する場合の値です。

BP2	C1_1の値		
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	50p	50p	50p
1000	30p	30p	30p

BP2 を使用するバンドパスフィルタは、次数の個数だけ基本回路 BP2 が使用されます。

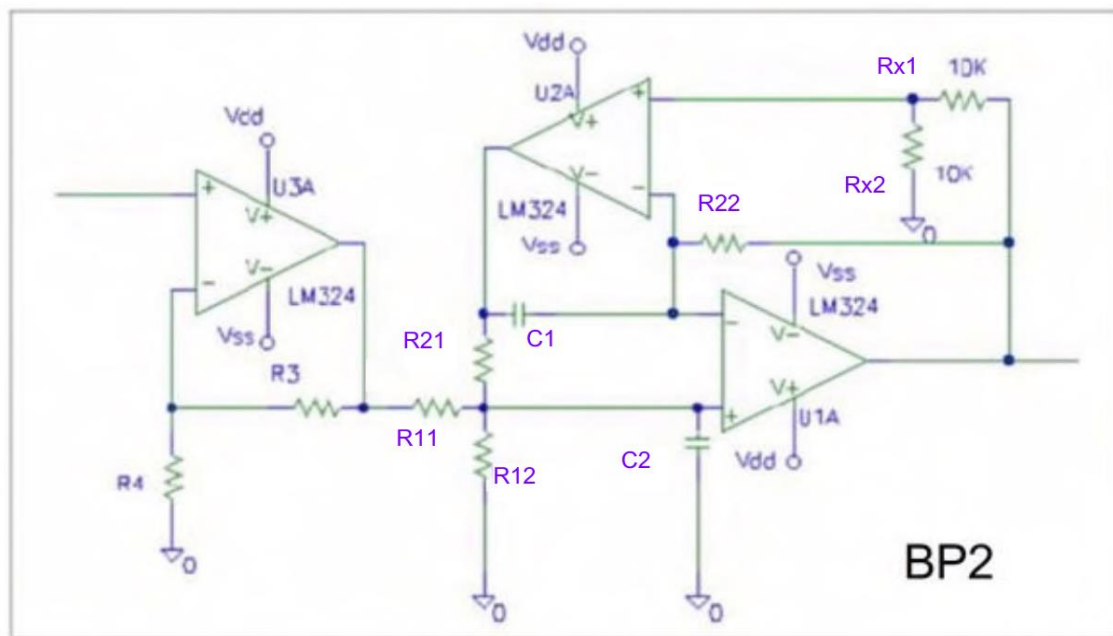


図6-2 1次のバンドパスフィルタ基本回路 bpat2\_1.cir

LtAct は Fp2 と Fp1 に対する 2 個の BP2 フィルタをペアとして同時に計算しますので、表を参照して Fp2 の C1\_1 を設定したら、Fp1 の値は LtAct が計算して表示するのでその値をそのまま設定して下さい。

奇数次数の BP2 フィルタでは、1 番目のブロックは周波数  $F_c = \sqrt{F_{p1} \cdot F_{p2}}$  に見合った C1\_1 の値を設定して下さい。

基本回路 BP2 のコンデンサ値 まとめ BP2 の C1\_1 の値

## バンドパスフィルタ

## 4 次 フィルタの設計手順

4 次バンドパス・チェビシェフフィルタを「まとめ BP2 の C1\_1 の値」を参考にして設計する手順を説明します。

伝達関数の係数をファイルに出力します。

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=4

Fp1 = 1.0000KHz Fp2 = 4.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 666.6667 Hz Fs2 = 6.0000KHz atts = 18.64dB

2 次式の形式

$$H_n = \frac{P_{n_2} * s^2 + P_{n_3} * s + P_{n_4}}{s^2 + P_{n_0} * s + P_{n_1}}$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	8.2078K	740.3432Meg	0	47.0694K	0	Q= 3.3151
2	1.7507K	33.6827Meg	0	10.0398K	0	Q= 3.3151
3	16.3846K	337.8946Meg	0	21.7620K	0	Q= 1.1219
4	7.6573K	73.8003Meg	0	10.1704K	0	Q= 1.1219

Fp1=1KHz, Fp2=4KHz より幾何平均が 2KHz になるので、1KHz の値を参考にする。

Q 値より C1\_1=1n, C1\_2 は LtAct の表示, C1\_3=1n, C1\_4 は LtAct の表示 に設定して回路図ファイルを出力して V(out)を確認します。

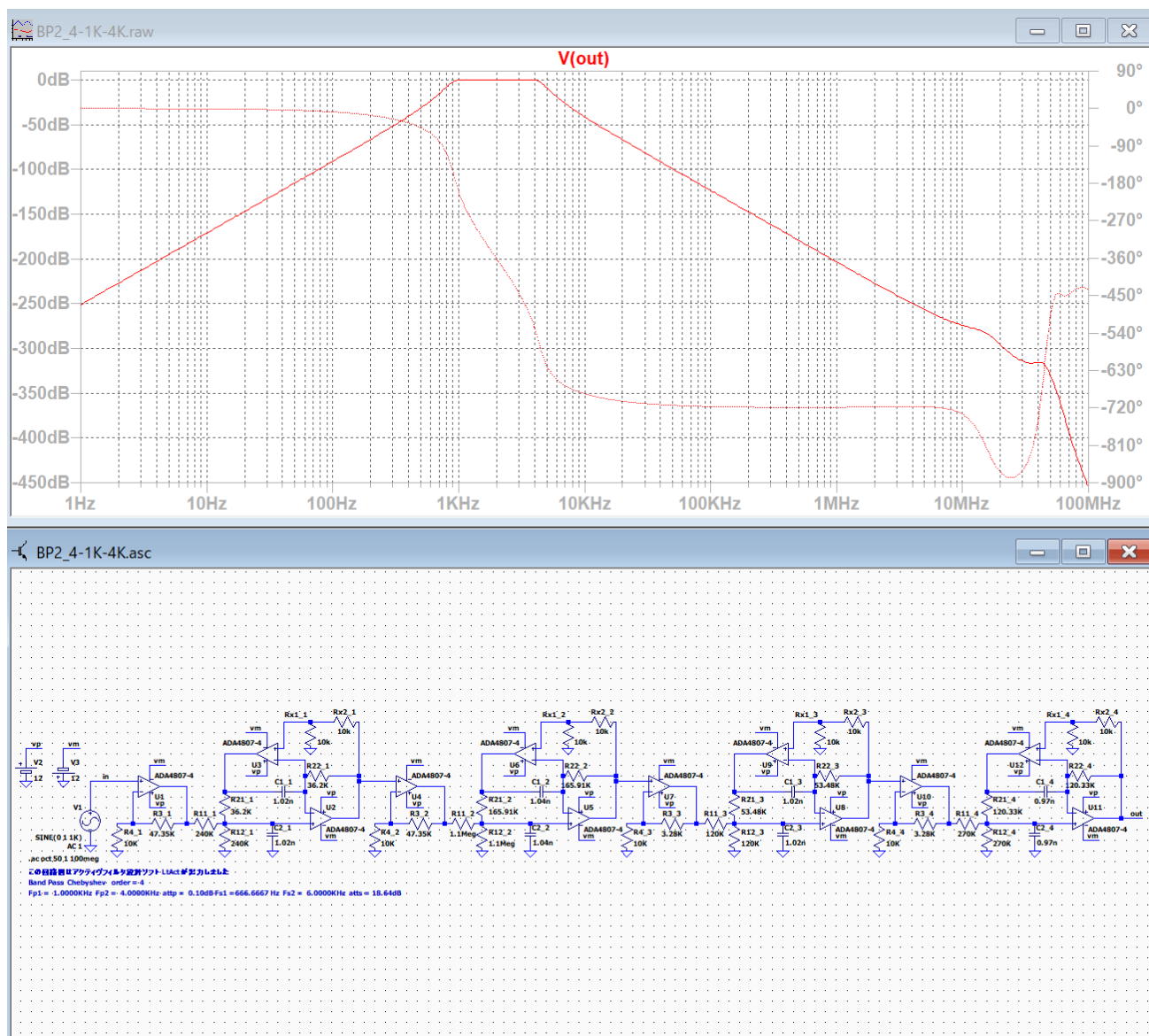
Fp2 / Fp1 < 10 ならば、C1\_2 に C1\_1 と同じ数値を設定しても正常に動作します。

Fp2 / Fp1 > 10 ならば、C1\_2 は LtAct の表示をそのまま設定するのが良いです。



## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



LtAct の表示は C1\_2=10n ですが、C1\_1 と同じ 1n を設定しても正常に動作しました。

## バンドパスフィルタ

## バターワース


注意：基本回路として「BP1」を利用する場合には、バンドパスの通過域の下端と上端の比が 5 を超えると、回路図が作れない場合がありますので「BP2」を利用して下さい。

$F_{p2} / F_{p1} = 6$  の場合

設計パラメータの入力

フィルタの種類	バンドパスフィルタ	遮断特性	バターワース
設計するフィルタの次数 $m(<=58)$	2		
通過帯域 下端の周波数 $F_{p1}$ : ( $F_{s1} = F_{p1}/x_s$ )	1	KHz	OK
通過帯域 上端の周波数 $F_{p2}$ : ( $F_{s2} = F_{p2}*x_s$ )	6	KHz	キャンセル
最低減衰量に達する周波数を $F_{s1}$ として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$	1.5	倍	

アクティブフィルタの設計プログラム

 現在の伝達関数は希望の回路形式に変換出来ません！！

パラメータの入力に戻って、

フィルタの次数、周波数、リプル又は周波数の比率などを

変更して伝達関数を計算しなおして、もう一度やりなおして下さい

どうしてもこの画面に戻る場合には、回路形式を変更して下さい

OK

## バンドパスフィルタ

## BP2\_6-10Hz - 10KHz.asc

バンドパス・バターワース 6次 10Hz - 10KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

遮断特性 バターワース

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  6

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1}$  : ( $F_{s1} = F_{p1}/x_s$ ) 10 Hz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2}$  : ( $F_{s2} = F_{p2} \times x_s$ ) 10 KHz

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

OK Cancel

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Butterworth 次数=6

 $F_{p1} = 10.0000 \text{ Hz}$   $F_{p2} = 10.0000 \text{ KHz}$   $attp = 3.0103 \text{ dB}$  $F_{s1} = 6.6667 \text{ Hz}$   $F_{s2} = 15.0000 \text{ KHz}$   $atts = 21.19 \text{ dB}$ 

2次式の形式

$$H_n = \frac{P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}}{s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}}$$

2次式

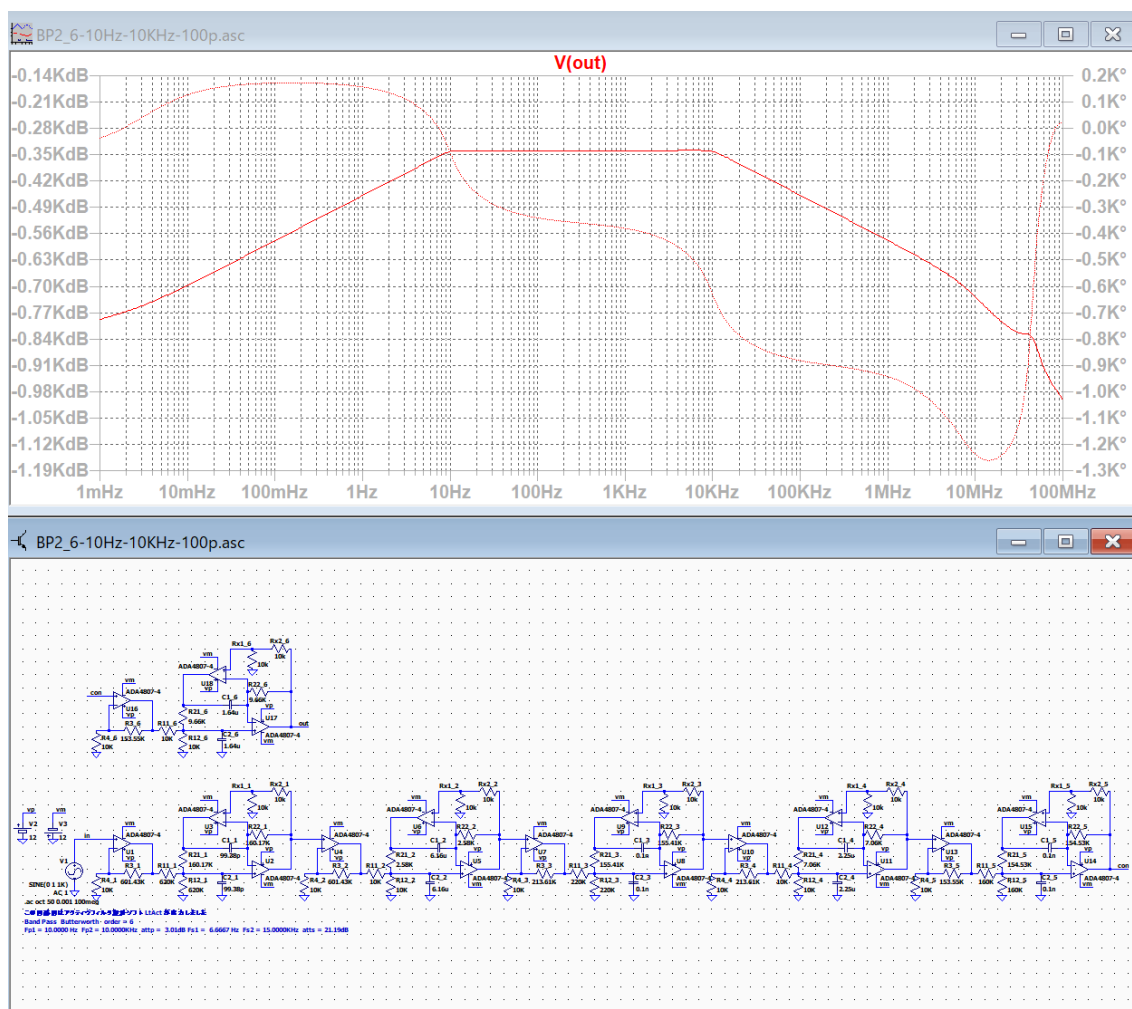
n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	32.4592K	3.9468G	0	1.9847Meg	0	Q= 1.9355
2	32.4678	3.9489K	0	1.9852K	0	Q= 1.9355
3	88.6799K	3.9400G	0	1.9829Meg	0	Q= 0.7078
4	88.8573	3.9557K	0	1.9869K	0	Q= 0.7078
5	121.1388K	3.9331G	0	1.9812Meg	0	Q= 0.5177
6	121.5925	3.9626K	0	1.9886K	0	Q= 0.5177

奇数ブロックの周波数は 10KHz、偶数ブロックの周波数は 10Hz となります。「まとめ BP2 の C1\_1 の値」を参照して、奇数ブロックは参照した数値を設定し、偶数ブロックは LTAct が表示した数値をそのまま設定します。

C1\_1=100p, C1\_3=100p, C1\_5=100p を設定して、C1\_2, C1\_4, C1\_6 は LTAct が表示した数値をそのまま設定するということです。

回路図を出力して V(out)を確認する。

## バンドパスフィルタ

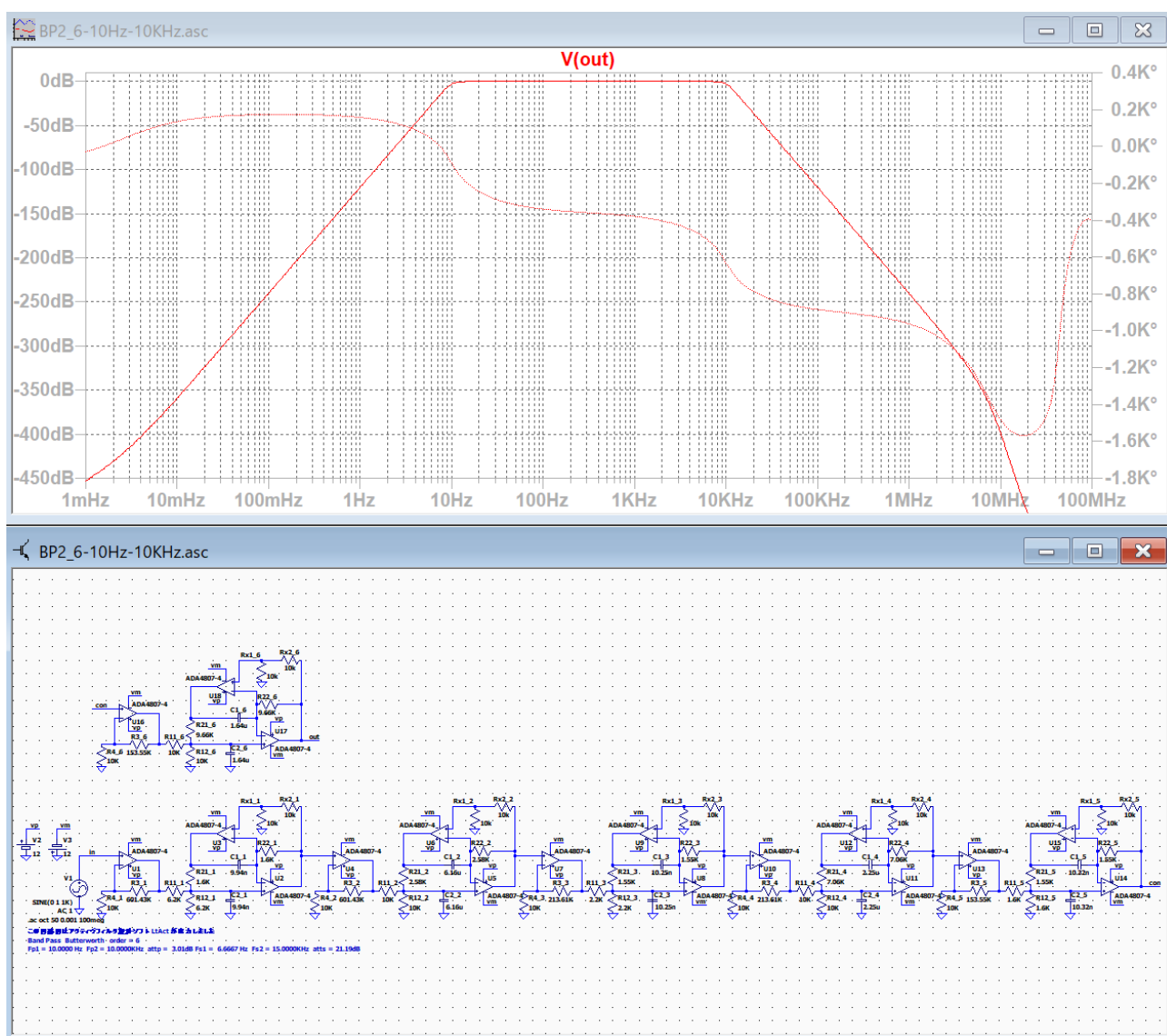


出力が -300dB 以下になるので、フィルタとして機能しません。

10KHz 用は、 $C1\_1 = C1\_3 = C1\_5 = 10n$  と設定して、回路図を作りなおしてみます。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



表の推奨値は 100p ですが、10n に変更することで正常に動作しました。

出力が-100dB 以下になる場合は、コンデンサの値を 1 桁～3 桁大きい値に変更して確認して下さい。

## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\バターワース\test\BP2\_6-10Hz-10KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 09:10:26 2020

アナログ Band Pass Butterworth 次数=6

Fp1 = 10.0000 Hz Fp2 = 10.0000KHz attp = 3.0103dB

Fs1 = 6.6667 Hz Fs2 = 15.0000KHz atts = 21.19dB

1 (BP2) R1\_1 (2 個) = 6.2000K C1\_1 (2 個) = 9.9380n R2\_1 (2 個) = 1.6017K 誤差 = 0.6322 %

1 R3\_1 = 601.4346K R4\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.0869 %

2 (BP2) R1\_2 (2 個) = 10.0000K C1\_2 (2 個) = 6.1599u R2\_2 (2 個) = 2.5834K 誤差 = 4.5615 %

2 R3\_2 = 601.4346K R4\_2 = 10.0000K 誤差 = 3.0869 %

3 (BP2) R1\_3 (2 個) = 2.2000K C1\_3 (2 個) = 10.2514n R2\_3 (2 個) = 1.5541K 誤差 = 3.8400 %

3 R3\_3 = 213.6074K R4\_3 = 10.0000K 誤差 = 2.9927 %

4 (BP2) R1\_4 (2 個) = 10.0000K C1\_4 (2 個) = 2.2508u R2\_4 (2 個) = 7.0640K 誤差 = 4.3656 %

4 R3\_4 = 213.6074K R4\_4 = 10.0000K 誤差 = 2.9927 %

5 (BP2) R1\_5 (2 個) = 1.6000K C1\_5 (2 個) = 10.3187n R2\_5 (2 個) = 1.5453K 誤差 = 4.2574 %

5 R3\_5 = 153.5499K R4\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.3119 %

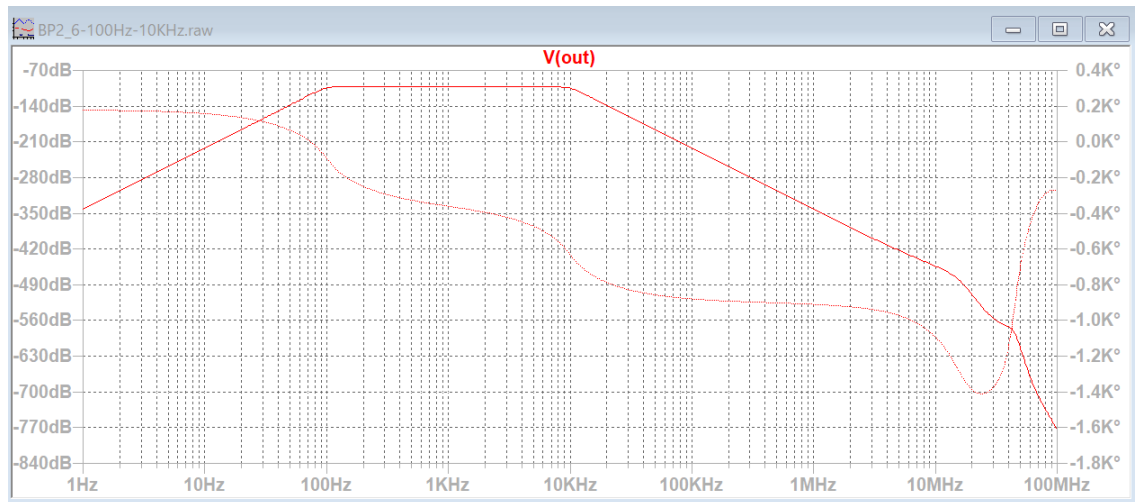
6 (BP2) R1\_6 (2 個) = 10.0000K C1\_6 (2 個) = 1.6448u R2\_6 (2 個) = 9.6580K 誤差 = 4.4692 %

6 R3\_6 = 153.5499K R4\_6 = 10.0000K 誤差 = 2.3119 %

## バンドパスフィルタ

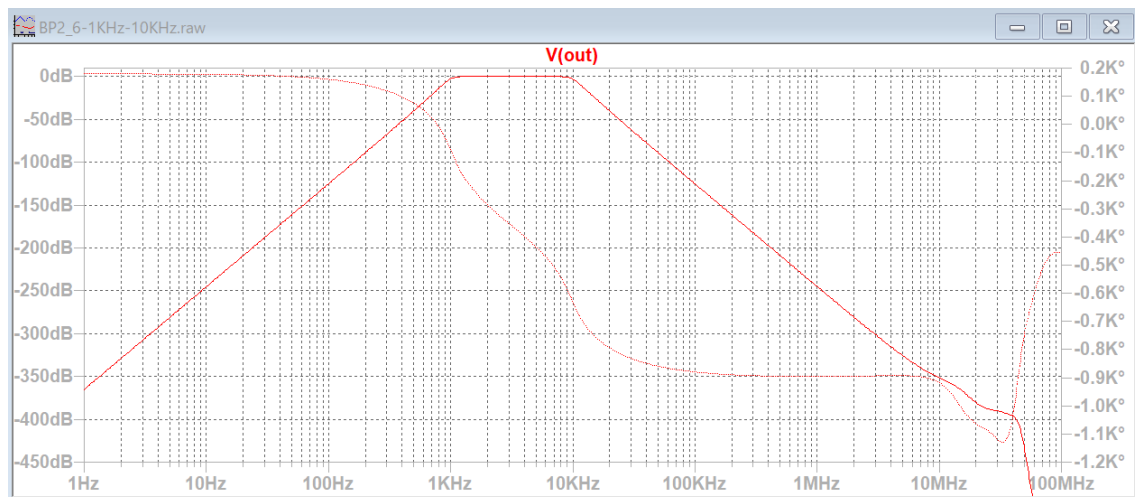
## 通過帯域幅とコンデンサの推奨値

100Hz～10KHzに変更して、Fp2 用は C1\_1=100p, C1\_3=100p, C1\_5=100p を設定して、C1\_2, C1\_4, C1\_6 は LTAct が表示した数値をそのまま設定して確認しました。



やはり、出力が -100dB 以下になるので、フィルタとして機能しません。

1KHz～10KHz まで狭くすると、100p で正常に動作することが分かりました。



Fp2 用の値は、

Fp2 / Fp1 = 10 程度なら、表の値をそのまま利用できます。

Fp2 / Fp1 = 100 程度なら、表の値を 10 倍にして利用するのがよいと思います。

Fp2 / Fp1 = 1000 程度なら、表の値を 100 倍にして利用するのがよいと思います。

BP2\_6-10Hz - 10KHz.asc では、Fp2 用の 100p を 10n に 100 倍にして利用しました。

## バンドパスフィルタ

BP1\_6-10KHz - 30KHz.asc

バンドパス・バターワース 6次 10KHz - 30KHz

設計パラメータの入力

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Butterworth 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 3.0103dB

Fs1 = 6.6667KHz Fs2 = 45.0000KHz atts = 33.91dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	48.4688K	34.6236G	0	214.8599K	0	Q=	3.8390
2	16.5795K	4.0513G	0	73.4961K	0	Q=	3.8390
3	124.6528K	27.8224G	0	192.6048K	0	Q=	1.3381
4	53.0625K	5.0416G	0	81.9885K	0	Q=	1.3381
5	142.7435K	16.9024G	0	150.1219K	0	Q=	0.9108
6	100.0202K	8.2987G	0	105.1903K	0	Q=	0.9108

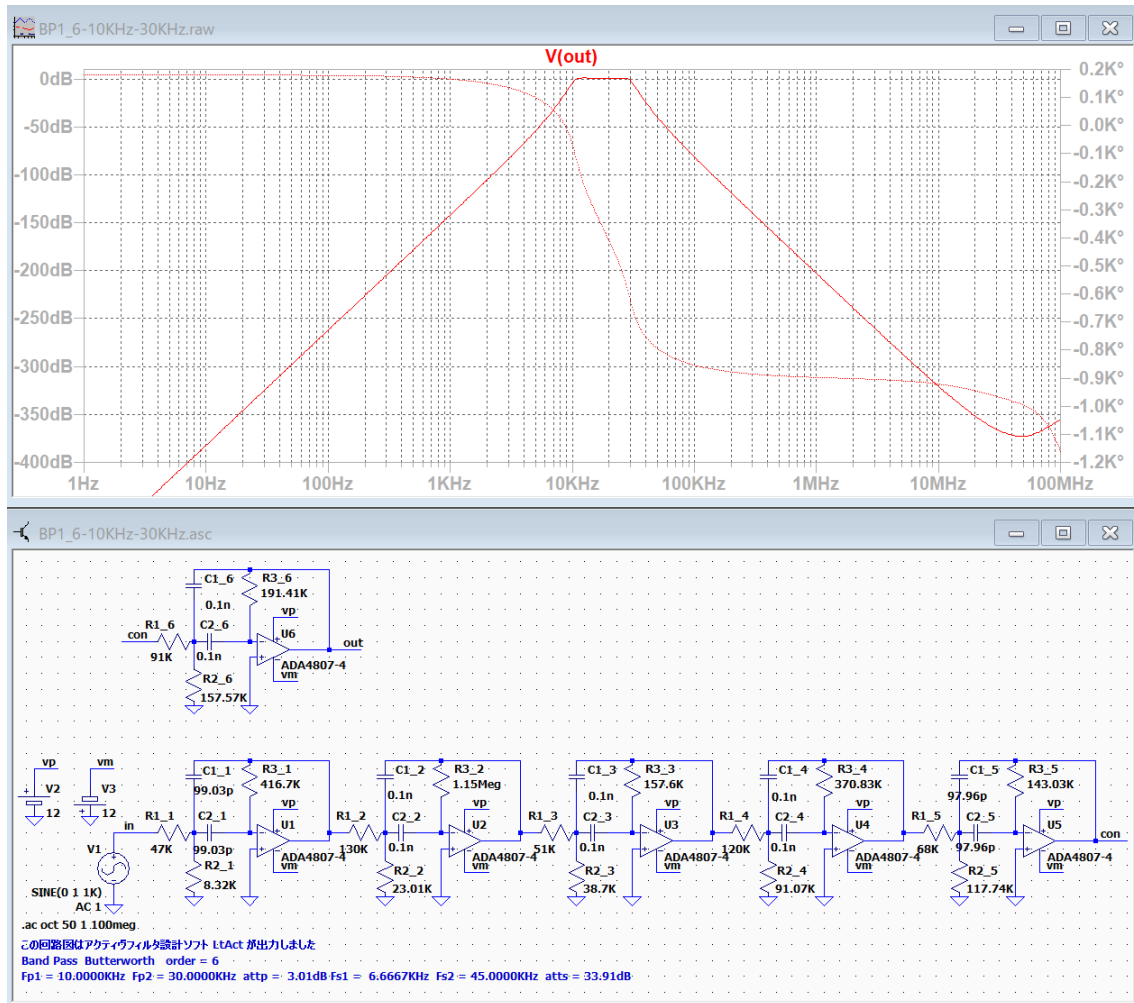
Fp2 / Fp1 < 10 なので、「まとめ BP1 の C1\_1 の値」を参照して、10KHz に対応する推奨値を利用します。

C1\_1= C1\_2= C1\_3= C1\_4= C1\_5= C1\_6=100p を設定して V(out)を確認する。

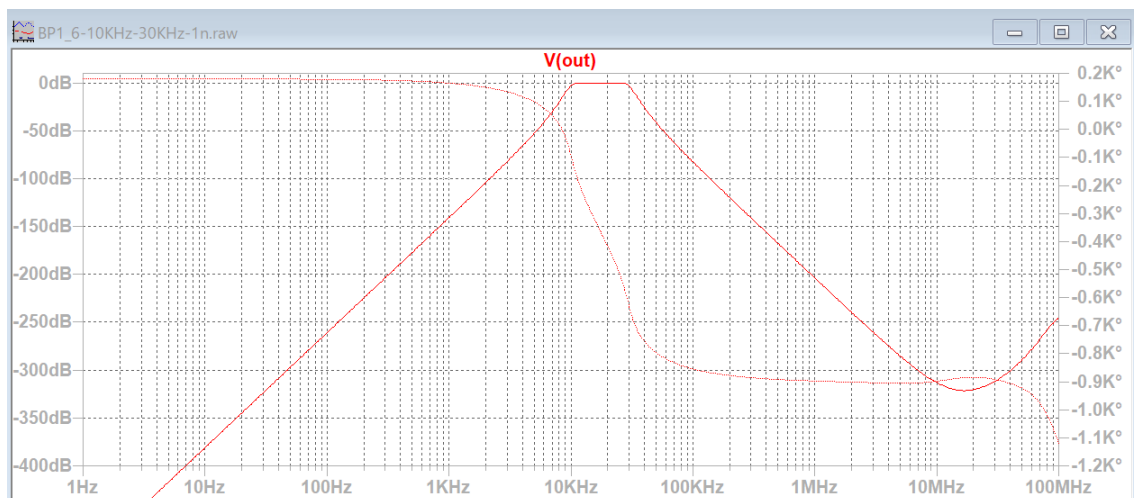


## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



C1\_1= C1\_2= C1\_3= C1\_4= C1\_5= C1\_6=1n に設定した場合



10MHz 以上の減衰量が低下します。

## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\バターワース\test\BP1\_6-10KHz-30KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 10:35:09 2020

アナログ Band Pass Butterworth 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 3.0103dB

Fs1 = 6.6667KHz Fs2 = 45.0000KHz atts = 33.91dB

1 (BP1) R1\_1 = 47.0000K C1\_1 = 99.0255p R2\_1 = 8.3194K R3\_1 = 416.6973K  
誤差 = 3.6360 %

2 (BP1) R1\_2 = 130.0000K C1\_2 = 0.1047n R2\_2 = 23.0112K R3\_2 = 1.1526Meg  
誤差 = 7.4330 %

3 (BP1) R1\_3 = 51.0000K C1\_3 = 0.1018n R2\_3 = 38.7040K R3\_3 = 157.6032K  
誤差 = 2.4569 %

4 (BP1) R1\_4 = 120.0000K C1\_4 = 0.1016n R2\_4 = 91.0681K R3\_4 = 370.8311K  
誤差 = 3.3378 %

5 (BP1) R1\_5 = 68.0000K C1\_5 = 97.9596p R2\_5 = 117.7416K R3\_5 = 143.0299K  
誤差 = 5.6361 %

6 (BP1) R1\_6 = 91.0000K C1\_6 = 0.1045n R2\_6 = 157.5660K R3\_6 = 191.4077K  
誤差 = 6.3898 %

## バンドパスフィルタ

## BP2\_6-10KHz - 30KHz.asc

バンドパス・バターワース 6 次 10KHz - 30KHz

設計パラメータの入力

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Butterworth 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 3.0103dB

Fs1 = 6.6667KHz Fs2 = 45.0000KHz atts = 33.91dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	48.4688K	34.6236G	0	214.8599K	0	Q=	3.8390
2	16.5795K	4.0513G	0	73.4961K	0	Q=	3.8390
3	124.6528K	27.8224G	0	192.6048K	0	Q=	1.3381
4	53.0625K	5.0416G	0	81.9885K	0	Q=	1.3381
5	142.7435K	16.9024G	0	150.1219K	0	Q=	0.9108
6	100.0202K	8.2987G	0	105.1903K	0	Q=	0.9108

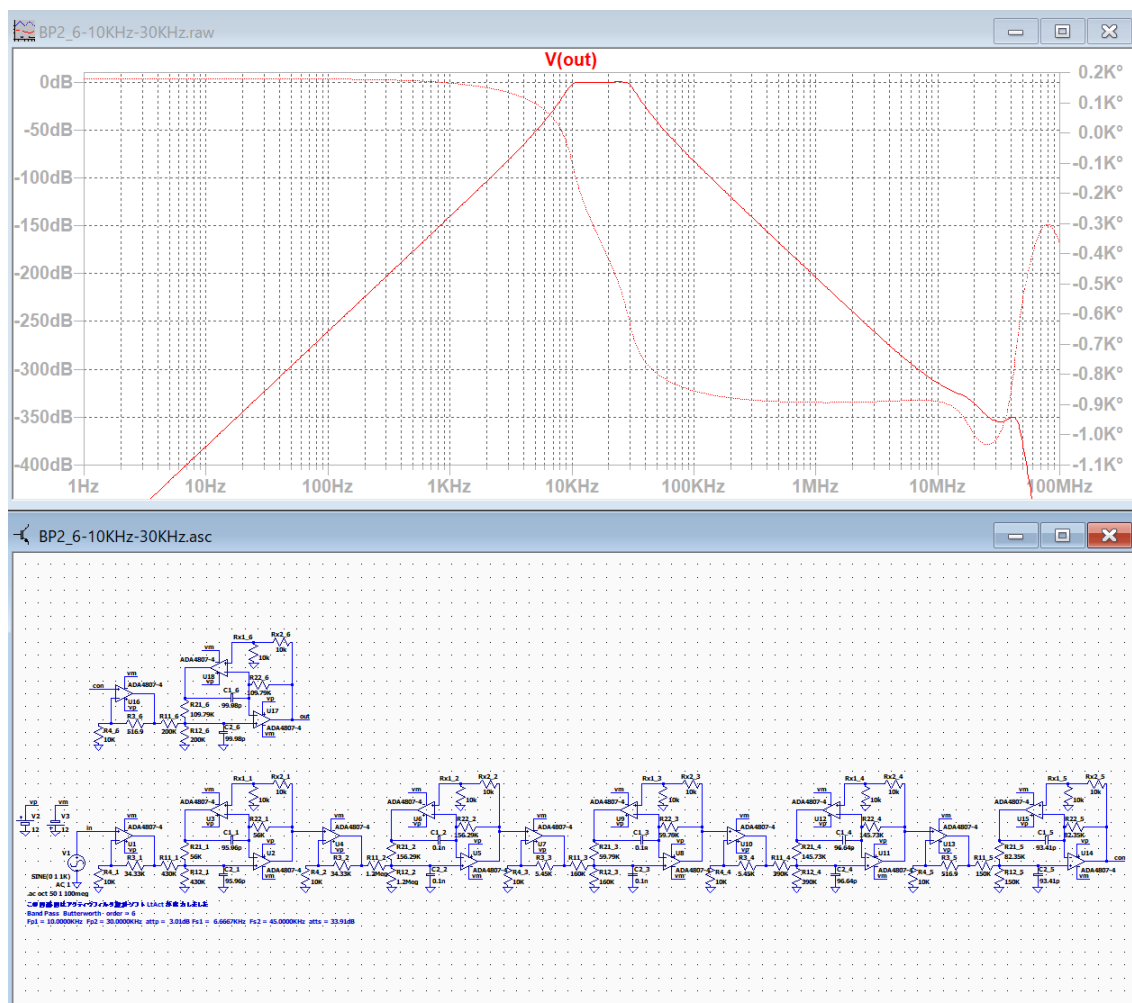
Fp2 / Fp1 < 10 なので、「まとめ BP2 の C1\_1 の値」を参照して、10KHz に対応する推奨値を利用します。

C1\_1= C1\_2= C1\_3= C1\_4= C1\_5= C1\_6=100p を設定して V(out)を確認する。

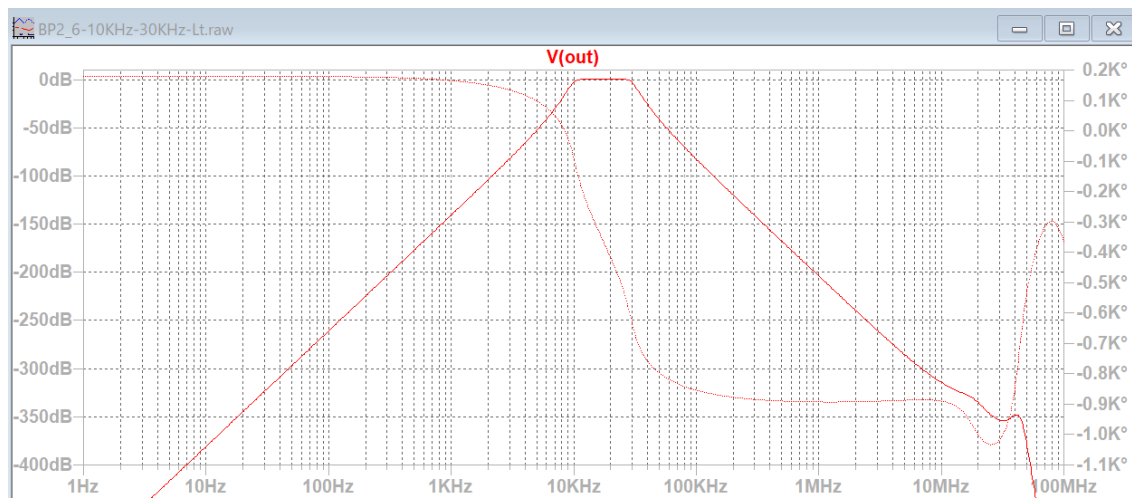
偶数ブロックは LtAct が表示した数値をそのまま設定しても構いません。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



偶数ブロックに LtAct が表示した数値を設定した場合も同じ特性が得られます。



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\バターワース\test\BP2\_6-10KHz-30KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 10:42:45 2020

アナログ Band Pass Butterworth 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 3.0103dB

Fs1 = 6.6667KHz Fs2 = 45.0000KHz atts = 33.91dB

1 (BP2) R1\_1 (2 個) = 430.0000K C1\_1 (2 個) = 95.9620p R2\_1 (2 個) = 56.0035K 誤差 = 4.2080 %

1 R3\_1 = 34.3295K R4\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.8728 %

2 (BP2) R1\_2 (2 個) = 1.2000Meg C1\_2 (2 個) = 0.1005n R2\_2 (2 個) = 156.2888K 誤差 = 2.4315 %

2 R3\_2 = 34.3295K R4\_2 = 10.0000K 誤差 = 3.8728 %

3 (BP2) R1\_3 (2 個) = 160.0000K C1\_3 (2 個) = 0.1003n R2\_3 (2 個) = 59.7853K 誤差 = 3.7148 %

3 R3\_3 = 5.4513K R4\_3 = 10.0000K 誤差 = 2.7278 %

4 (BP2) R1\_4 (2 個) = 390.0000K C1\_4 (2 個) = 96.6446p R2\_4 (2 個) = 145.7267K 誤差 = 4.5446 %

4 R3\_4 = 5.4513K R4\_4 = 10.0000K 誤差 = 2.7278 %

5 (BP2) R1\_5 (2 個) = 150.0000K C1\_5 (2 個) = 93.4077p R2\_5 (2 個) = 82.3460K 誤差 = 2.6116 %

5 R3\_5 = 516.9047 R4\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.3358 %

6 (BP2) R1\_6 (2 個) = 200.0000K C1\_6 (2 個) = 99.9798p R2\_6 (2 個) = 109.7947K 誤差 = 0.1881 %

6 R3\_6 = 516.9047 R4\_6 = 10.0000K 誤差 = 1.3358 %

## バンドパスフィルタ

BP1\_6-100KHz - 300KHz.asc

バンドパス・バターワース 6次 100KHz - 300KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

遮断特性 バターワース

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1}$  : ( $F_{s1} = F_{p1}/x_s$ ) 100 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2}$  : ( $F_{s2} = F_{p2} \times x_s$ ) 300 KHz

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Butterworth 次数=6

 $F_{p1} = 100.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 300.0000\text{KHz}$   $\text{attp} = 3.0103\text{dB}$  $F_{s1} = 66.6667\text{KHz}$   $F_{s2} = 450.0000\text{KHz}$   $\text{atts} = 33.91\text{dB}$ 

2次式の形式

$$P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}$$

 $H_n = \text{-----}$ 

$$s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}$$

2次式

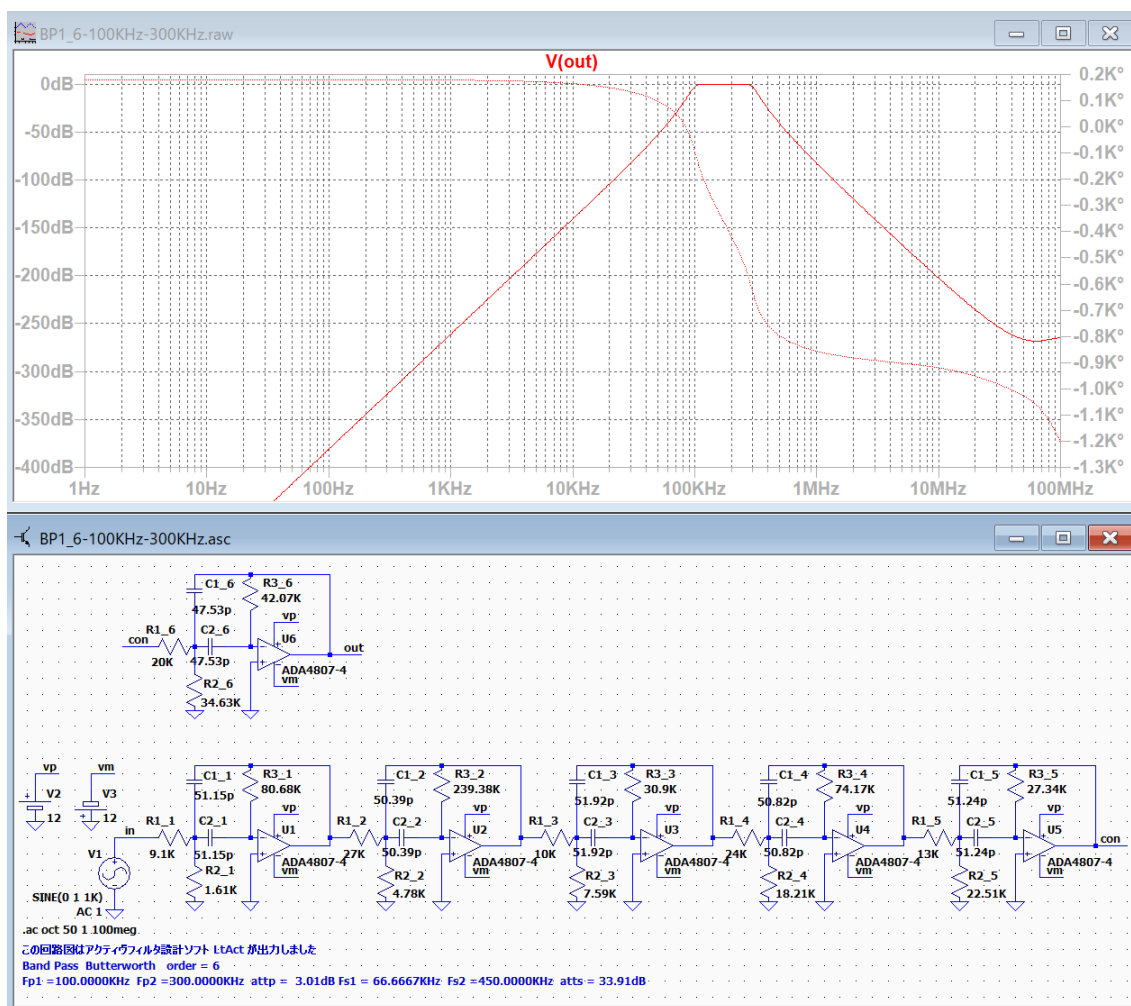
n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$		
1	484.6882K	3.4624T	0	2.1486Meg	0	Q=	3.8390
2	165.7951K	405.1260G	0	734.9613K	0	Q=	3.8390
3	1.2465Meg	2.7822T	0	1.9260Meg	0	Q=	1.3381
4	530.6250K	504.1580G	0	819.8845K	0	Q=	1.3381
5	1.4274Meg	1.6902T	0	1.5012Meg	0	Q=	0.9108
6	1.0002Meg	829.8745G	0	1.0519Meg	0	Q=	0.9108

$F_{p2} / F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP1 の  $C1\_1$  の値」を参照して、100KHz に対応する推奨値を利用します。

$C1\_1 = C1\_2 = C1\_3 = C1\_4 = C1\_5 = C1\_6 = 50\text{p}$  を設定して  $V(\text{out})$ を確認する。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\バターワース\test\BP1\_6-100KHz-  
300KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 10:50:35 2020

アナログ Band Pass Butterworth 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 3.0103dB

Fs1 = 66.6667KHz Fs2 =450.0000KHz atts = 33.91dB

1 (BP1) R1\_1 = 9.1000K C1\_1 = 51.1450p R2\_1 = 1.6108K R3\_1 = 80.6797K  
誤差 = 1.7907 %

2 (BP1) R1\_2 = 27.0000K C1\_2 = 50.3932p R2\_2 = 4.7792K R3\_2 = 239.3793K  
誤差 = 2.0656 %

3 (BP1) R1\_3 = 10.0000K C1\_3 = 51.9198p R2\_3 = 7.5890K R3\_3 = 30.9026K  
誤差 = 3.6118 %

4 (BP1) R1\_4 = 24.0000K C1\_4 = 50.8202p R2\_4 = 18.2136K R3\_4 = 74.1662K  
誤差 = 1.6628 %

5 (BP1) R1\_5 = 13.0000K C1\_5 = 51.2404p R2\_5 = 22.5094K R3\_5 = 27.3440K  
誤差 = 2.6314 %

6 (BP1) R1\_6 = 20.0000K C1\_6 = 47.5329p R2\_6 = 34.6299K R3\_6 = 42.0676K  
誤差 = 4.6715 %



## バンドパスフィルタ

BP2\_6-100KHz - 300KHz.asc

バンドパス・バターワース 6次 100KHz - 300KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

遮断特性 バターワース

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  3

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1}$  : ( $F_{s1} = F_{p1}/x_s$ ) 100 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2}$  : ( $F_{s2} = F_{p2}*x_s$ ) 300 KHz

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Butterworth 次数=6

 $F_{p1} = 100.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 300.0000\text{KHz}$   $att_p = 3.0103\text{dB}$  $F_{s1} = 66.6667\text{KHz}$   $F_{s2} = 450.0000\text{KHz}$   $atts = 33.91\text{dB}$ 

2次式の形式

$$P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}$$

 $H_n = \text{-----}$ 

$$s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}$$

2次式

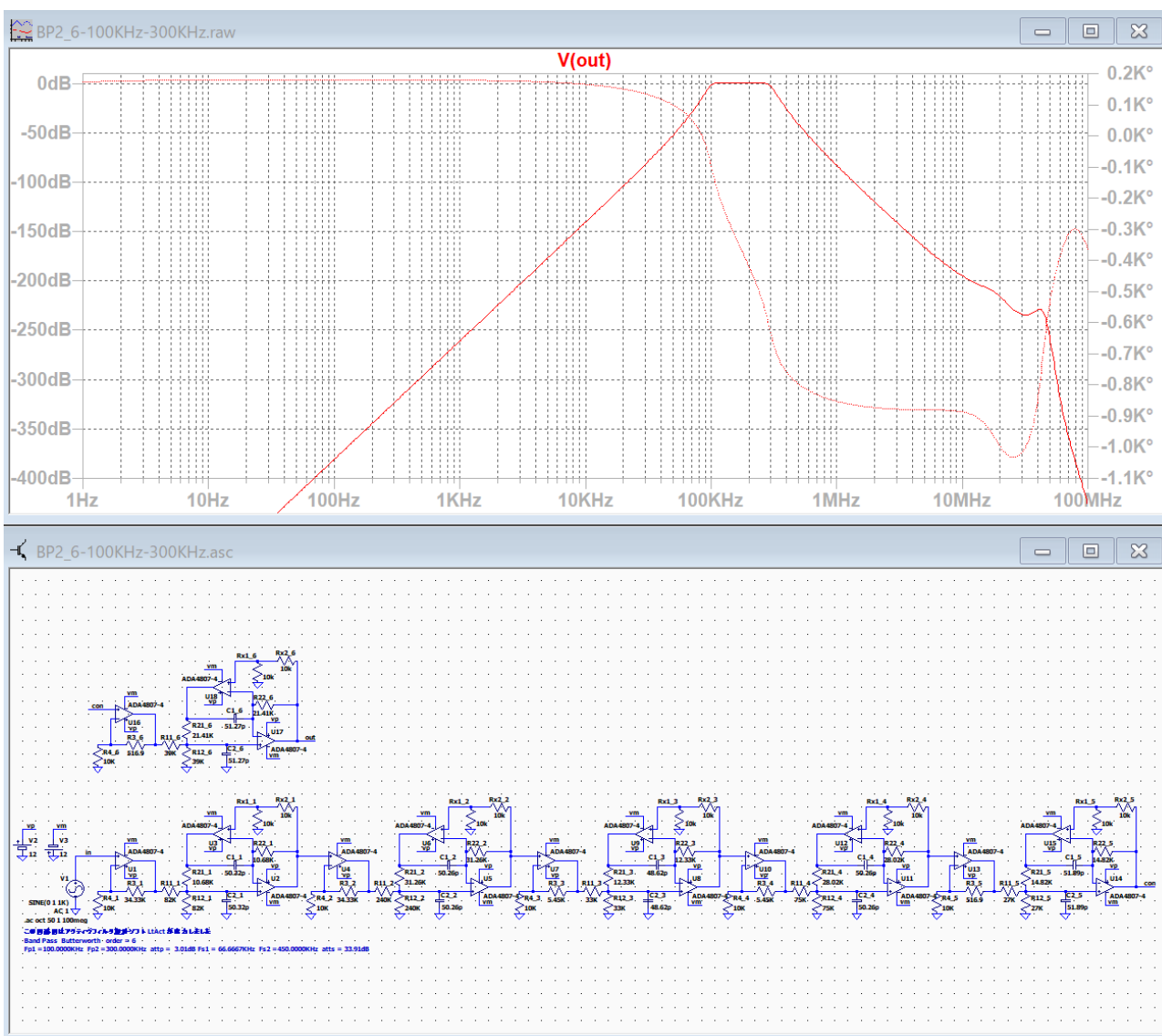
n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$		
1	484.6882K	3.4624T	0	2.1486Meg	0	Q=	3.8390
2	165.7951K	405.1260G	0	734.9613K	0	Q=	3.8390
3	1.2465Meg	2.7822T	0	1.9260Meg	0	Q=	1.3381
4	530.6250K	504.1580G	0	819.8845K	0	Q=	1.3381
5	1.4274Meg	1.6902T	0	1.5012Meg	0	Q=	0.9108
6	1.0002Meg	829.8745G	0	1.0519Meg	0	Q=	0.9108

$F_{p2} / F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP2 の  $C1\_1$  の値」を参照して、100KHz に対応する推奨値を利用します。

$C1\_1 = C1\_2 = C1\_3 = C1\_4 = C1\_5 = C1\_6 = 50\text{p}$  を設定して  $V(\text{out})$ を確認する。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\バターワース\test\BP2\_6-100KHz-300KHz-Lt.asc 作成日時 Sat Nov 28 10:59:23 2020

アナログ Band Pass Butterworth 次数=6

Fp1 = 100.0000KHz Fp2 = 300.0000KHz attp = 3.0103dB

Fs1 = 66.6667KHz Fs2 = 450.0000KHz atts = 33.91dB

1 (BP2) R1\_1 (2 個) = 82.0000K C1\_1 (2 個) = 50.3215p R2\_1 (2 個) = 10.6797K 誤差 = 3.2880 %

1 R3\_1 = 34.3295K R4\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.8728 %

2 (BP2) R1\_2 (2 個) = 10.0000K C1\_2 (2 個) = 1.2063n R2\_2 (2 個) = 1.3024K 誤差 = 0.5546 %

2 R3\_2 = 34.3295K R4\_2 = 10.0000K 誤差 = 3.8728 %

3 (BP2) R1\_3 (2 個) = 33.0000K C1\_3 (2 個) = 48.6199p R2\_3 (2 個) = 12.3307K 誤差 = 4.2771 %

3 R3\_3 = 5.4513K R4\_3 = 10.0000K 誤差 = 2.7278 %

4 (BP2) R1\_4 (2 個) = 10.0000K C1\_4 (2 個) = 0.3769n R2\_4 (2 個) = 3.7366K 誤差 = 5.0413 %

4 R3\_4 = 5.4513K R4\_4 = 10.0000K 誤差 = 2.7278 %

5 (BP2) R1\_5 (2 個) = 27.0000K C1\_5 (2 個) = 51.8931p R2\_5 (2 個) = 14.8223K 誤差 = 2.0976 %

5 R3\_5 = 516.9047 R4\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.3358 %

6 (BP2) R1\_6 (2 個) = 10.0000K C1\_6 (2 個) = 0.2000n R2\_6 (2 個) = 5.4897K 誤差 = 2.0087 %

6 R3\_6 = 516.9047 R4\_6 = 10.0000K 誤差 = 1.3358 %

## バンドパスフィルタ

BP1\_6-600KHz - 1.2MHz.asc

バンドパス・バターワース 6次 600KHz - 1.2MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	バンドパスフィルタ		遮断特性	バターワース
設計するフィルタの次数 m(<=58)	3			
通過帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1/xs)	600	KHz	OK	
通過帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2*xs)	1.2	Meg	キャンセル	
最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fp1/Fs1	1.5	倍		

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Butterworth 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 3.0103dB

Fs1 =400.0000KHz Fs2 = 1.8000MegHz atts = 44.16dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

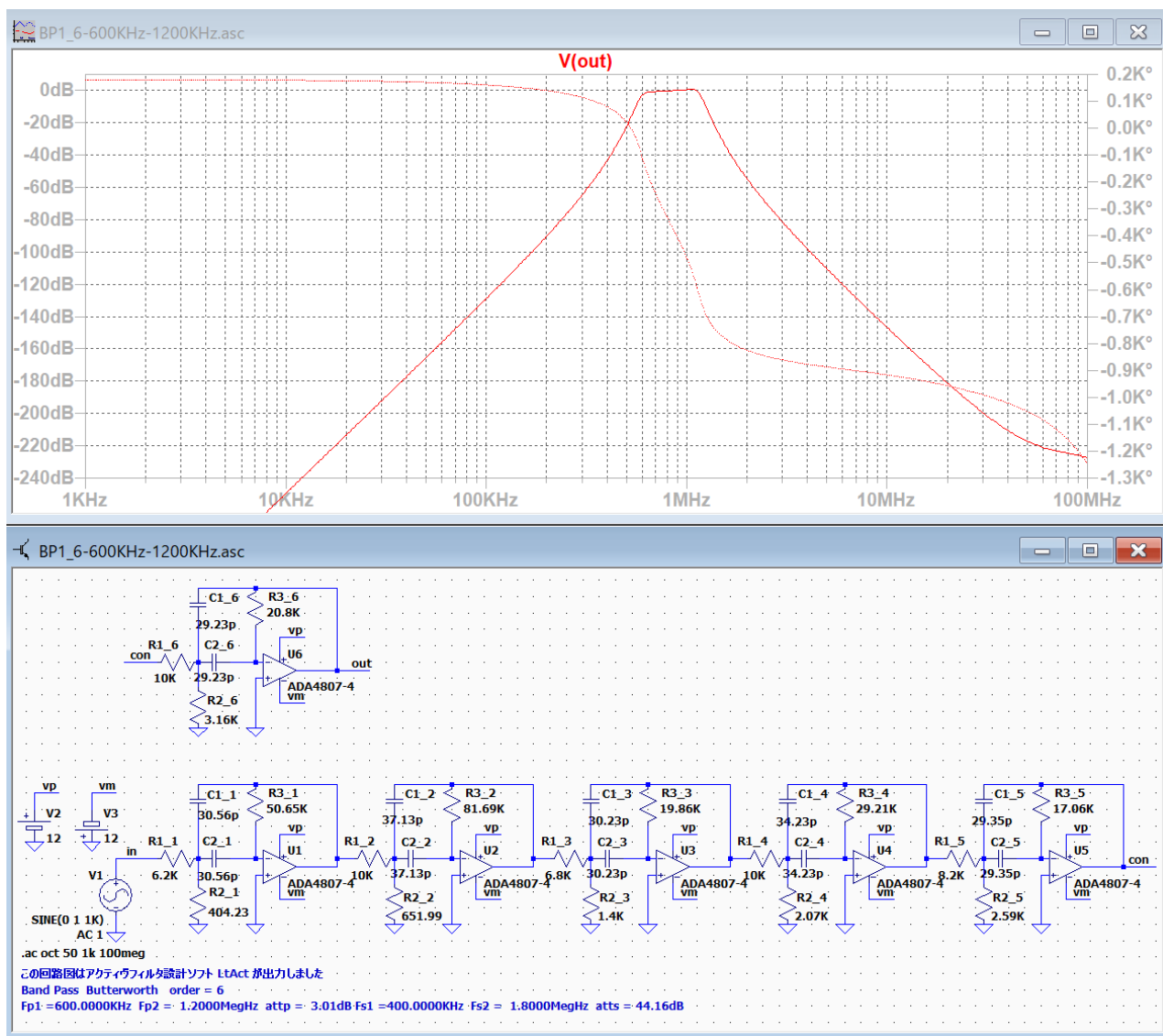
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	1.2921Meg	55.7052T	0	5.2776Meg	0	Q=	5.7762
2	659.3265K	14.5040T	0	2.6930Meg	0	Q=	5.7762
3	3.3309Meg	47.3251T	0	4.8644Meg	0	Q=	2.0653
4	2.0006Meg	17.0723T	0	2.9217Meg	0	Q=	2.0653
5	3.9941Meg	34.5202T	0	4.1545Meg	0	Q=	1.4710
6	3.2888Meg	23.4052T	0	3.4209Meg	0	Q=	1.4710

Fp2 / Fp1 < 10 なので、「まとめ BP1 の C1\_1 の値」を参照して、1MHz に対応する推奨値を利用します。

C1\_1= C1\_3= C1\_5= 30p を設定して V(out)を確認する。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

```
***** 回路の構成と素子値 *****
回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\バターワース\test\BP1_6-600KHz-
1200KHz.asc  作成日時 Sat Nov 28 11:05:33 2020
アナログ Band Pass Butterworth 次数=6
Fp1 =600.0000KHz  Fp2 = 1.2000MegHz  attp = 3.0103dB
Fs1 =400.0000KHz  Fs2 = 1.8000MegHz  atts = 44.16dB

1 (BP1) R1_1 = 6.2000K C1_1 = 30.5616p R2_1 = 404.2347 R3_1 = 50.6466K
誤差 = 4.0328 %
2 (BP1) R1_2 = 10.0000K C1_2 = 37.1339p R2_2 = 651.9915 R3_2 = 81.6881K
誤差 = 5.2843 %
3 (BP1) R1_3 = 6.8000K C1_3 = 30.2315p R2_3 = 1.4045K R3_3 = 19.8615K
誤差 = 6.8788 %
4 (BP1) R1_4 = 10.0000K C1_4 = 34.2270p R2_4 = 2.0654K R3_4 = 29.2081K
誤差 = 5.4987 %
5 (BP1) R1_5 = 8.2000K C1_5 = 29.3538p R2_5 = 2.5944K R3_5 = 17.0587K
誤差 = 7.2016 %
6 (BP1) R1_6 = 10.0000K C1_6 = 29.2320p R2_6 = 3.1639K R3_6 = 20.8033K
誤差 = 6.3496 %
```

## バンドパスフィルタ

BP2\_6-600KHz - 1.2MHz.asc

バンドパス・バターワース 6次 600KHz - 1.2MHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	バンドパスフィルタ		遮断特性	バターワース
設計するフィルタの次数 m(<=58)	3			
通過帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1/xs)	600	KHz	OK	
通過帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2*xs)	1.2	Meg	キャンセル	
最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fp1/Fs1	1.5	倍		

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Butterworth 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 3.0103dB

Fs1 =400.0000KHz Fs2 = 1.8000MegHz atts = 44.16dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

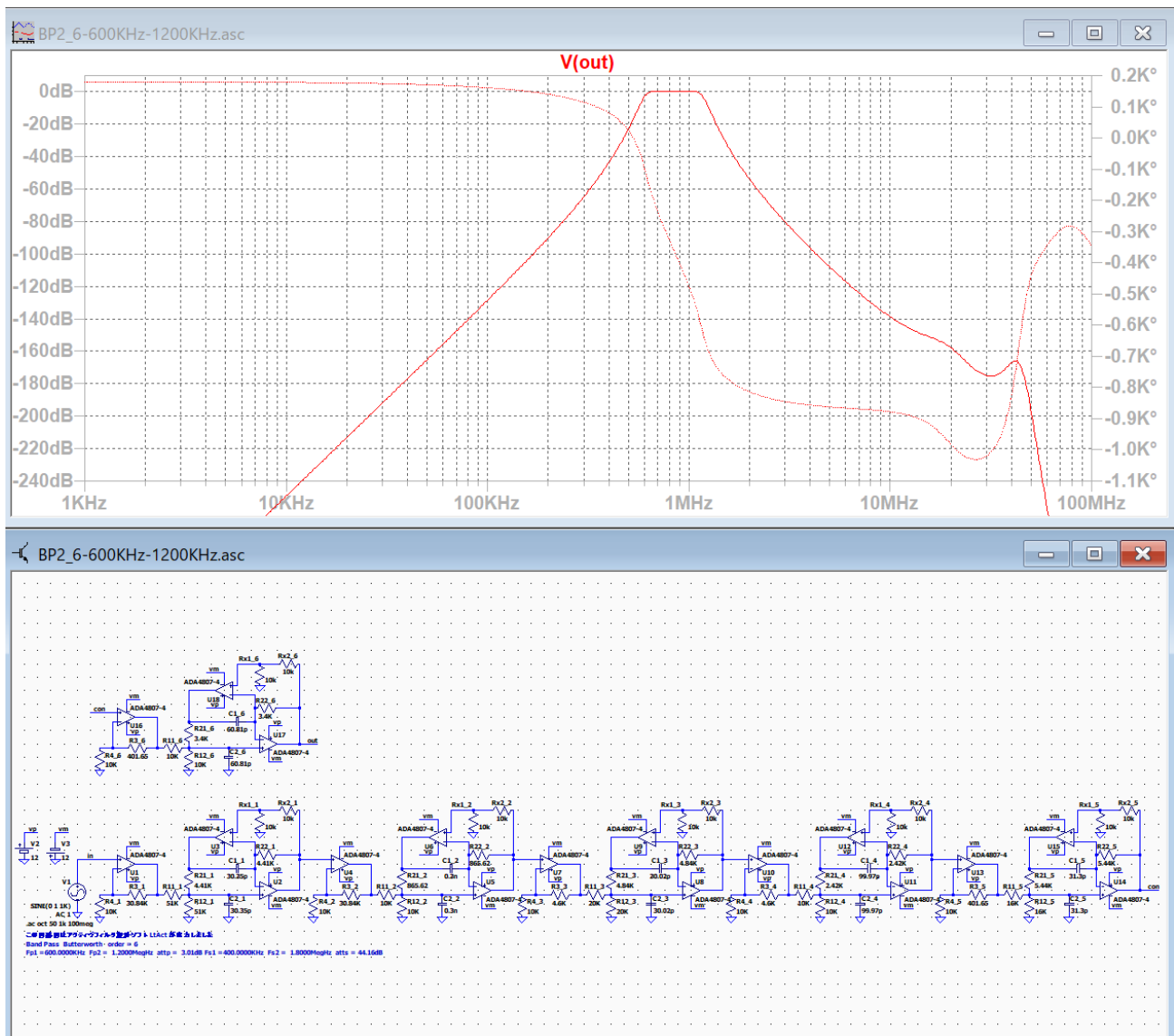
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	1.2921Meg	55.7052T	0	5.2776Meg	0	Q=	5.7762
2	659.3265K	14.5040T	0	2.6930Meg	0	Q=	5.7762
3	3.3309Meg	47.3251T	0	4.8644Meg	0	Q=	2.0653
4	2.0006Meg	17.0723T	0	2.9217Meg	0	Q=	2.0653
5	3.9941Meg	34.5202T	0	4.1545Meg	0	Q=	1.4710
6	3.2888Meg	23.4052T	0	3.4209Meg	0	Q=	1.4710

Fp2 / Fp1 < 10 なので、「まとめ BP1 の C1\_1 の値」を参照して、1MHz に対応する推奨値を利用します。

C1\_1= C1\_3= C1\_5= 30p を設定して V(out)を確認する。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図





## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\バターワース\test\BP2\_6-600KHz-1200KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 11:10:12 2020

アナログ Band Pass Butterworth 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 3.0103dB

Fs1 =400.0000KHz Fs2 = 1.8000MegHz atts = 44.16dB

1 (BP2) R1\_1 (2 個) = 51.0000K C1\_1 (2 個) = 30.3498p R2\_1 (2 個) = 4.4146K 誤差 = 2.8413 %

1 R3\_1 = 30.8441K R4\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.7365 %

2 (BP2) R1\_2 (2 個) = 10.0000K C1\_2 (2 個) = 0.3033n R2\_2 (2 個) = 865.6176 誤差 = 5.2441 %

2 R3\_2 = 30.8441K R4\_2 = 10.0000K 誤差 = 2.7365 %

3 (BP2) R1\_3 (2 個) = 20.0000K C1\_3 (2 個) = 30.0222p R2\_3 (2 個) = 4.8419K 誤差 = 2.9307 %

3 R3\_3 = 4.6040K R4\_3 = 10.0000K 誤差 = 2.0841 %

4 (BP2) R1\_4 (2 個) = 10.0000K C1\_4 (2 個) = 99.9705p R2\_4 (2 個) = 2.4209K 誤差 = 0.8649 %

4 R3\_4 = 4.6040K R4\_4 = 10.0000K 誤差 = 2.0841 %

5 (BP2) R1\_5 (2 個) = 16.0000K C1\_5 (2 個) = 31.2962p R2\_5 (2 個) = 5.4384K 誤差 = 5.0971 %

5 R3\_5 = 401.6521 R4\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.9010 %

6 (BP2) R1\_6 (2 個) = 10.0000K C1\_6 (2 個) = 60.8123p R2\_6 (2 個) = 3.3990K 誤差 = 3.5071 %

6 R3\_6 = 401.6521 R4\_6 = 10.0000K 誤差 = 2.9010 %

## バンドパスフィルタ

## チェビシェフ

注意：基本回路として「BP1」を利用する場合には、バンドパスの通過域の下端と上端の比が4を超えると、回路図が作れない場合がありますので「BP2」を利用して下さい。

$F_{p2} / F_{p1} = 6$  の場合

設計パラメータの入力

フィルタの種類	バンドパスフィルタ	遮断特性	チェビシェフ
設計するフィルタの次数 $m(<=58)$	2		
通過帯域 下端の周波数 $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$	1	KHz	
通過帯域 上端の周波数 $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p1} * x_s)$	6	KHz	
周波数 $F_{p1}, F_{p2}$ における減衰量又はリップル $attp$	0.1	dB	OK
最低減衰量に達する周波数を $F_{s1}$ として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$	1.5	倍	キャンセル


$x_s$  の値が小さい時も、回路図が作れない場合がありますので「BP2」を利用して下さい。

$x_s = 1.1$  の場合

設計パラメータの入力

フィルタの種類	バンドパスフィルタ	遮断特性	チェビシェフ
設計するフィルタの次数 $m(<=58)$	2		
通過帯域 下端の周波数 $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$	1	KHz	
通過帯域 上端の周波数 $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p1} * x_s)$	3	KHz	
周波数 $F_{p1}, F_{p2}$ における減衰量又はリップル $attp$	0.1	dB	OK
最低減衰量に達する周波数を $F_{s1}$ として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$	1.1	倍	キャンセル

アクティブフィルタの設計プログラム

 現在の伝達関数は希望の回路形式に変換出来ません！！

パラメータの入力に戻って、

フィルタの次数、周波数、リップル又は周波数の比率などを

変更して伝達関数を計算しなおして、もう一度やりなおして下さい

どうしてもこの画面に戻る場合には、回路形式を変更して下さい

OK

## バンドパスフィルタ

BP2\_6-0.01Hz-7Hz.asc

バンドパス・チェビシェフ 6 次フィルタ 0.01Hz ~ 7Hz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1}$  : ( $F_{s1} = F_{p1}/x_s$ )  mHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2}$  : ( $F_{s2} = F_{p2} \cdot x_s$ )  Hz

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $X_s = F_{p1}/F_{s1}$   倍

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

 $F_{p1} = 10.0000\text{mHz}$   $F_{p2} = 7.0000\text{ Hz}$   $\text{attp} = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 6.6667\text{mHz}$   $F_{s2} = 10.5000\text{ Hz}$   $\text{atts} = 27.87\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$P_{n\_2} \cdot s^2 + P_{n\_3} \cdot s + P_{n\_4}$$

 $H_n = \text{-----}$ 

$$s^2 + P_{n\_0} \cdot s + P_{n\_1}$$

2 次式

n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	10.0618	2.1839K	0	1.3121K	0	Q= 4.6445
2	12.7322m	3.4969m	0	1.6603	0	Q= 4.6445
3	27.4678	1.3472K	0	809.2249	0	Q= 1.3363
4	56.3433m	5.6686m	0	1.6599	0	Q= 1.3363
5	37.3944	505.8759	0	304.9483	0	Q= 0.6015
6	0.2043	15.0963m	0	1.6659	0	Q= 0.6015

「まとめ BP2 の C1\_1 の値」は周波数が 1KHz 以上なので、低い周波数に対する推奨値を概算します。

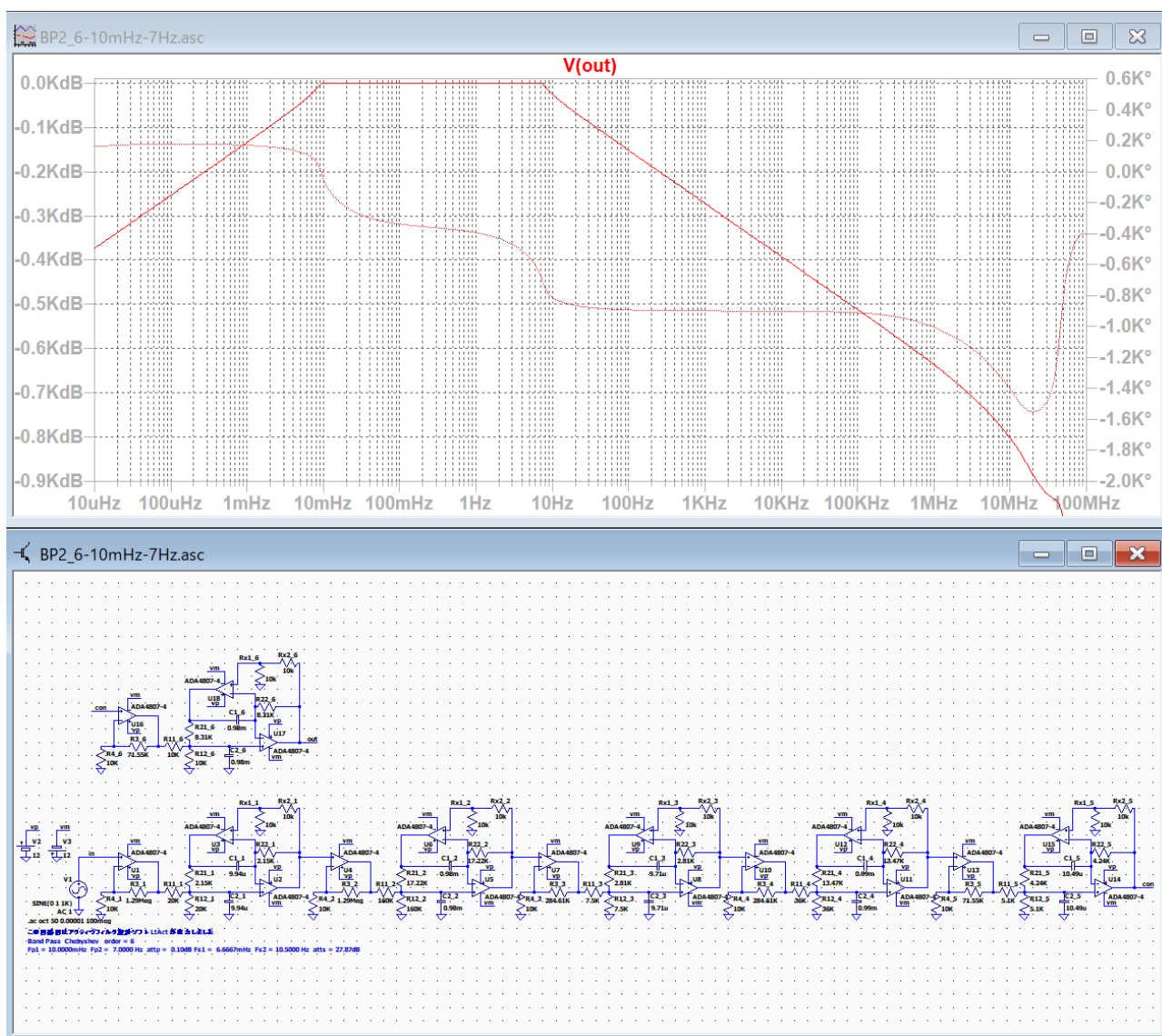
0.01Hz は 1KHz の 100000 分の 1、また 7Hz は 10Hz として計算すると 1KHz の 100 分の 1 になります。これから、奇数ブロックの推奨値は 1KHz の値を 100 倍し、偶数ブロックの推奨値は 1KHz の値を 100000 倍して、

$C1\_1=C1\_3=C1\_5=10\text{n}$ ,  $C1\_2=C1\_4=C1\_6=100\text{u}$  を設定して V(out)を確認します。

LtSpice の計算が終了しないので、さらに大きい値を用いて、 $C1\_1=C1\_3=C1\_5=10\text{u}$ ,  $C1\_2=C1\_4=C1\_6=1000\text{u}$  に変更します。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



表の最低周波数 1KHz との倍率より広範囲に C1\_1 の値を探す必要がありました。

## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\チェビシェフ\test\BP2\_6-10mHz-7Hz.asc 作成日時 Sat Nov 28 12:16:17 2020

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

Fp1 = 10.0000mHz Fp2 = 7.0000 Hz attp = 0.1000dB

Fs1 = 6.6667mHz Fs2 = 10.5000 Hz atts = 27.87dB

1 (BP2) R1\_1 (2 個) = 20.0000K C1\_1 (2 個) = 9.9386u R2\_1 (2 個) = 2.1531K 誤差 = 2.2651 %

1 R3\_1 = 1.2940Meg R4\_1 = 10.0000K 誤差 = 0.4610 %

2 (BP2) R1\_2 (2 個) = 160.0000K C1\_2 (2 個) = 0.9818m R2\_2 (2 個) = 17.2247K 誤差 = 4.8695 %

2 R3\_2 = 1.2940Meg R4\_2 = 10.0000K 誤差 = 0.4610 %

3 (BP2) R1\_3 (2 個) = 7.5000K C1\_3 (2 個) = 9.7083u R2\_3 (2 個) = 2.8063K 誤差 = 4.8350 %

3 R3\_3 = 284.6083K R4\_3 = 10.0000K 誤差 = 5.1328 %

4 (BP2) R1\_4 (2 個) = 36.0000K C1\_4 (2 個) = 0.9860m R2\_4 (2 個) = 13.4703K 誤差 = 3.7683 %

4 R3\_4 = 284.6083K R4\_4 = 10.0000K 誤差 = 5.1328 %

5 (BP2) R1\_5 (2 個) = 5.1000K C1\_5 (2 個) = 10.4870u R2\_5 (2 個) = 4.2396K 誤差 = 4.8578 %

5 R3\_5 = 71.5491K R4\_5 = 10.0000K 誤差 = 4.8231 %

6 (BP2) R1\_6 (2 個) = 10.0000K C1\_6 (2 個) = 0.9791m R2\_6 (2 個) = 8.3129K 誤差 = 2.5338 %

6 R3\_6 = 71.5491K R4\_6 = 10.0000K 誤差 = 4.8231 %

## バンドパスフィルタ

BP1\_6-10KHz - 30KHz.asc

バンドパス・チェビシェフ 6 次フィルタ 10KHz - 30KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  3

通過帯域 下端の周波数  $Fp1 : (Fs1 = Fp1/xs)$  10 KHz

通過帯域 上端の周波数  $Fp2 : (Fs2 = Fp1*xs)$  30 KHz

周波数  $Fp1, Fp2$  における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $Fs1$  として、 $Xs = Fp1/Fs1$  1.5 倍

遮断特性 チェビシェフ

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

 $Fp1 = 10.0000\text{KHz}$   $Fp2 = 30.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$  $Fs1 = 6.6667\text{KHz}$   $Fs2 = 45.0000\text{KHz}$   $atts = 43.71\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

 $Hn = \frac{\dots}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$ 

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

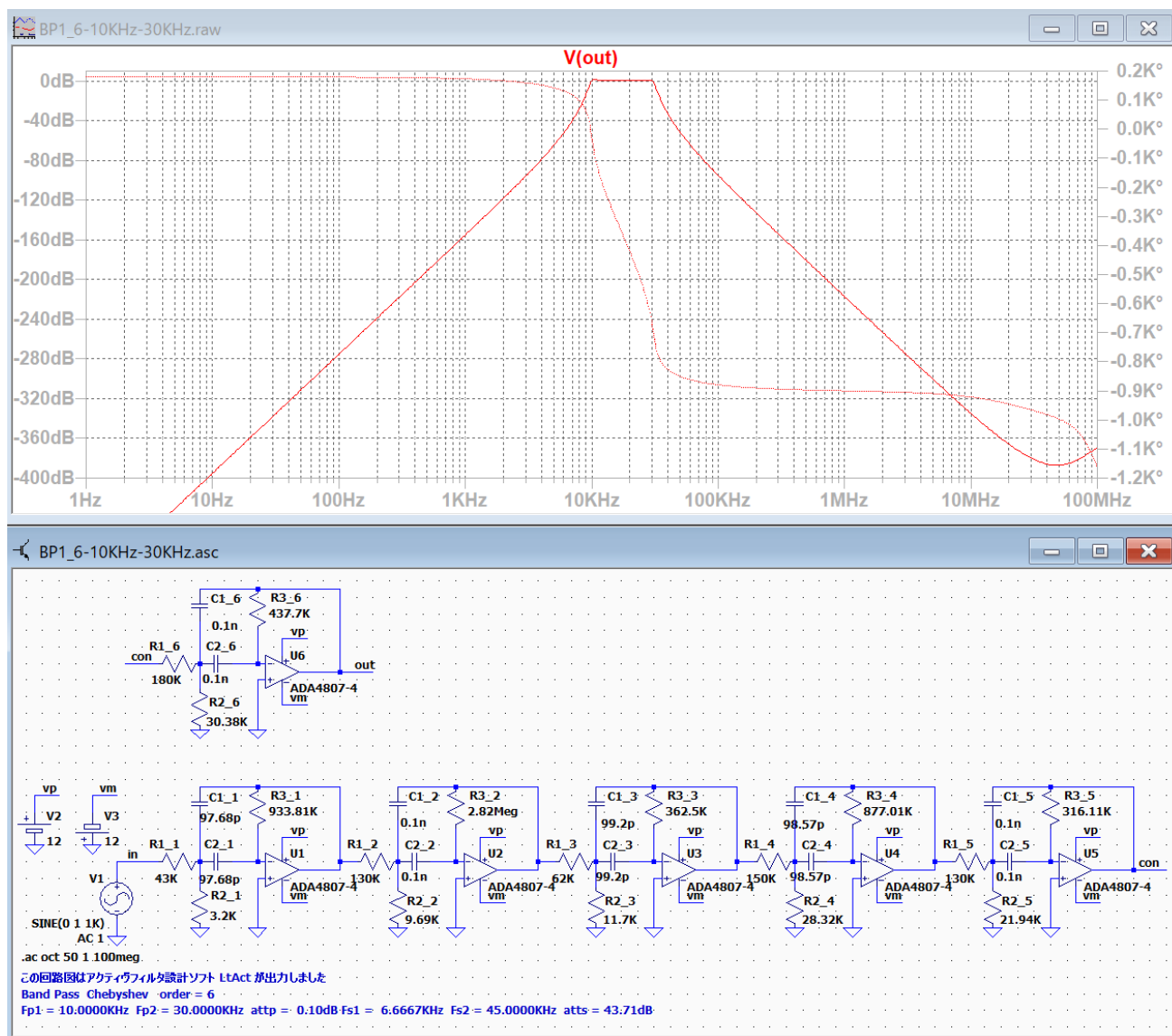
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	21.9270K	37.6442G	0	238.0891K	0	Q= 8.8485
2	6.8986K	3.7262G	0	74.9071K	0	Q= 8.8485
3	55.6165K	28.4701G	0	162.5867K	0	Q= 3.0338
4	23.1364K	4.9269G	0	67.6359K	0	Q= 3.0338
5	62.7281K	16.5644G	0	76.2664K	0	Q= 2.0518
6	44.8505K	8.4681G	0	54.5304K	0	Q= 2.0518

$Fp2 / Fp1 < 10$  なので、「まとめ BP1 の C1\_1 の値」を参照して、10KHz に対応する推奨値を利用します。

$C1\_1 = C1\_2 = C1\_3 = C1\_4 = C1\_5 = C1\_6 = 100\text{p}$  を設定して V(out)を確認する。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\チェビシェフ\test\BP1\_6-10KHz-30KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 13:08:01 2020

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 6.6667KHz Fs2 = 45.0000KHz atts = 43.71dB

1 (BP1) R1\_1 = 43.0000K C1\_1 = 97.6769p R2\_1 = 3.2038K R3\_1 = 933.8118K 誤差 = 4.6011 %

2 (BP1) R1\_2 = 130.0000K C1\_2 = 0.1027n R2\_2 = 9.6860K R3\_2 = 2.8232Meg 誤差 = 6.0339 %

3 (BP1) R1\_3 = 62.0000K C1\_3 = 99.2026p R2\_3 = 11.7049K R3\_3 = 362.4956K 誤差 = 2.7346 %

4 (BP1) R1\_4 = 150.0000K C1\_4 = 98.5670p R2\_4 = 28.3182K R3\_4 = 877.0055K 誤差 = 6.1593 %

5 (BP1) R1\_5 = 130.0000K C1\_5 = 0.1009n R2\_5 = 21.9415K R3\_5 = 316.1147K 誤差 = 4.4826 %

6 (BP1) R1\_6 = 180.0000K C1\_6 = 0.1019n R2\_6 = 30.3805K R3\_6 = 437.6973K 誤差 = 2.8401 %



## バンドパスフィルタ

## BP2\_6-10KHz - 30KHz.asc

バンドパス・チェビシェフ 6 次フィルタ 10KHz - 30KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  3

通過帯域 下端の周波数  $Fp1 : (Fs1 = Fp1/xs)$  10 KHz

通過帯域 上端の周波数  $Fp2 : (Fs2 = Fp1*xs)$  30 KHz

周波数  $Fp1, Fp2$  における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $Fs1$  として、 $Xs = Fp1/Fs1$  1.5 倍

遮断特性 チェビシェフ

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

 $Fp1 = 10.0000\text{KHz}$   $Fp2 = 30.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$  $Fs1 = 6.6667\text{KHz}$   $Fs2 = 45.0000\text{KHz}$   $atts = 43.71\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

 $Hn = \frac{\dots}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$ 

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

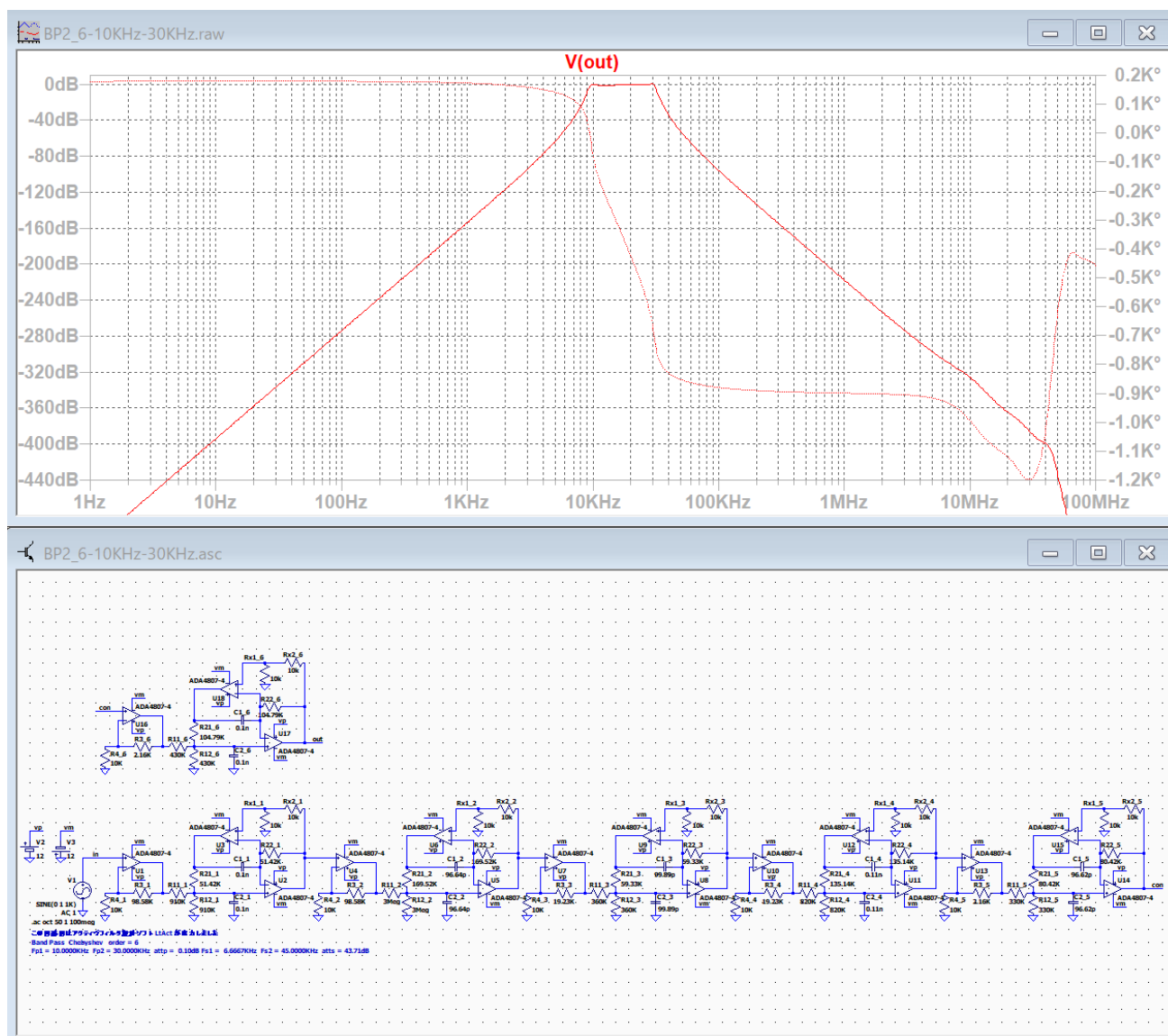
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	21.9270K	37.6442G	0	238.0891K	0	Q= 8.8485
2	6.8986K	3.7262G	0	74.9071K	0	Q= 8.8485
3	55.6165K	28.4701G	0	162.5867K	0	Q= 3.0338
4	23.1364K	4.9269G	0	67.6359K	0	Q= 3.0338
5	62.7281K	16.5644G	0	76.2664K	0	Q= 2.0518
6	44.8505K	8.4681G	0	54.5304K	0	Q= 2.0518

$Fp2 / Fp1 < 10$  なので、「まとめ BP2 の C1\_1 の値」を参照して、10KHz に対応する推奨値を利用します。

$C1\_1 = C1\_2 = C1\_3 = C1\_4 = C1\_5 = C1\_6 = 100\text{p}$  を設定して V(out)を確認する。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\チェビシェフ\test\BP2\_6-10KHz-30KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 13:12:12 2020

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 6.6667KHz Fs2 = 45.0000KHz atts = 43.71dB

1 (BP2) R1\_1 (2 個) = 910.0000K C1\_1 (2 個) = 0.1002n R2\_1 (2 個) = 51.4211K  
誤差 = 0.8512 %

1 R3\_1 = 98.5828K R4\_1 = 10.0000K 誤差 = 1.4376 %

2 (BP2) R1\_2 (2 個) = 3.0000Meg C1\_2 (2 個) = 96.6377p R2\_2 (2 個) = 169.5201K  
誤差 = 6.6063 %

2 R3\_2 = 98.5828K R4\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.4376 %

3 (BP2) R1\_3 (2 個) = 360.0000K C1\_3 (2 個) = 99.8903p R2\_3 (2 個) = 59.3311K  
誤差 = 4.4997 %

3 R3\_3 = 19.2335K R4\_3 = 10.0000K 誤差 = 3.9852 %

4 (BP2) R1\_4 (2 個) = 820.0000K C1\_4 (2 個) = 0.1054n R2\_4 (2 個) = 135.1430K  
誤差 = 5.7761 %

4 R3\_4 = 19.2335K R4\_4 = 10.0000K 誤差 = 3.9852 %

5 (BP2) R1\_5 (2 個) = 330.0000K C1\_5 (2 個) = 96.6172p R2\_5 (2 個) = 80.4189K  
誤差 = 4.0155 %

5 R3\_5 = 2.1583K R4\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.9341 %

6 (BP2) R1\_6 (2 個) = 430.0000K C1\_6 (2 個) = 0.1037n R2\_6 (2 個) = 104.7882K  
誤差 = 5.7996 %

6 R3\_6 = 2.1583K R4\_6 = 10.0000K 誤差 = 1.9341 %

## バンドパスフィルタ

BP1\_6-100KHz - 300KHz.asc

バンドパス・チェビシェフ 6 次フィルタ 100KHz - 300KHz

設計パラメータの入力

✕

フィルタの種類	バンドパスフィルタ		遮断特性	チェビシェフ
設計するフィルタの次数 m(<=58)	6			
通過帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1/xs)	100	KHz		
通過帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp1*xs)	300	KHz		
周波数Fp1,Fp2における減衰量又はリプル attp	0.1	dB	OK	
最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fp1/Fs1	1.5	倍	キャンセル	

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 66.6667KHz Fs2 =450.0000KHz atts = 43.71dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

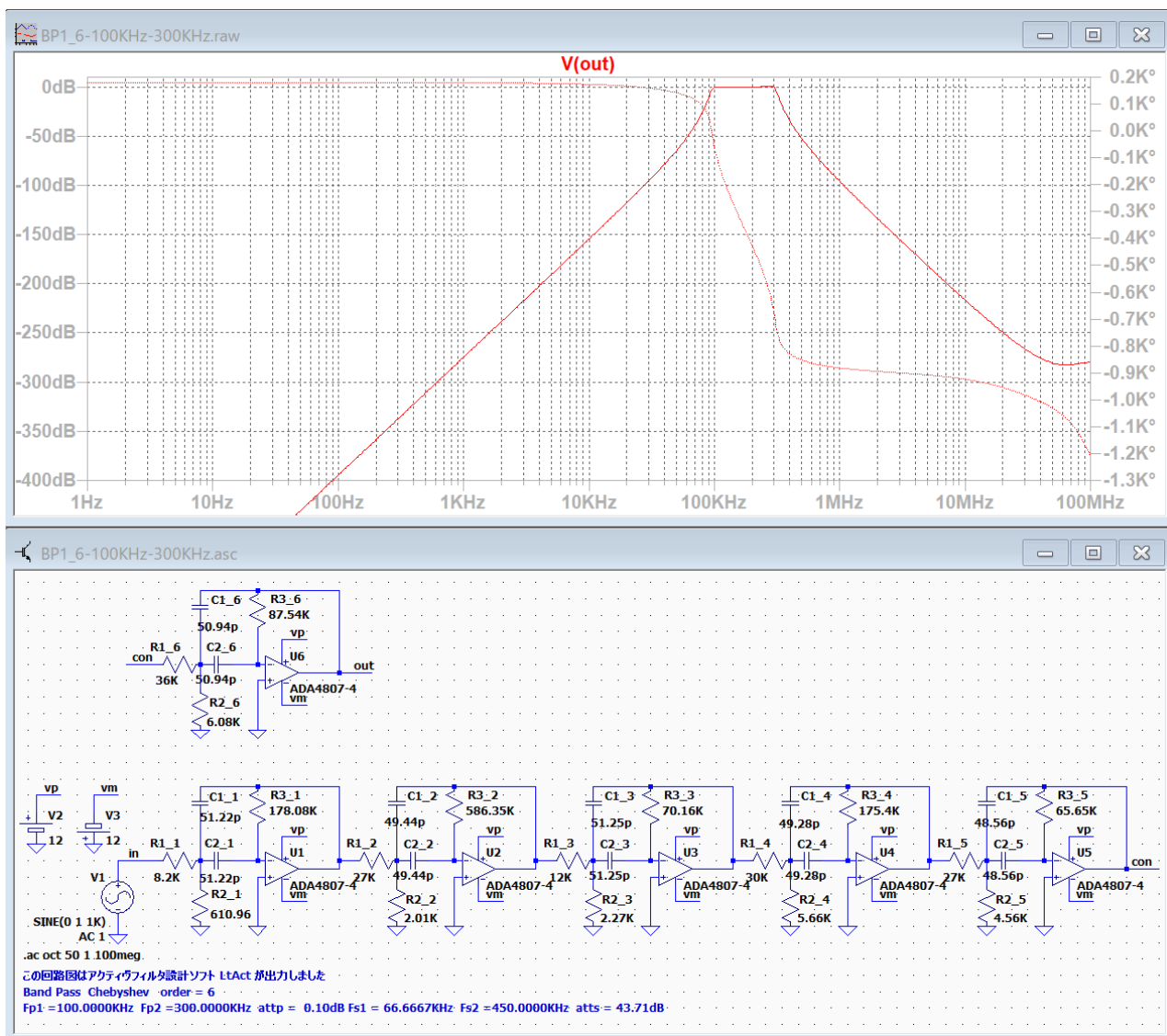
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	219.2697K	3.7644T	0	2.3809Meg	0	Q=	8.8485
2	68.9862K	372.6185G	0	749.0708K	0	Q=	8.8485
3	556.1655K	2.8470T	0	1.6259Meg	0	Q=	3.0338
4	231.3642K	492.6894G	0	676.3590K	0	Q=	3.0338
5	627.2806K	1.6564T	0	762.6639K	0	Q=	2.0518
6	448.5050K	846.8110G	0	545.3040K	0	Q=	2.0518

Fp2/Fp1 < 10 なので、「まとめ BP1 の C1\_1 の値」を参照して、100KHz に対応する推奨値を利用します。

C1\_1= C1\_2= C1\_3= C1\_4= C1\_5= C1\_6=50p を設定して V(out)を確認する。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\チェビシェフ\test\BP1\_6-100KHz-300KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 13:18:02 2020

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 66.6667KHz Fs2 =450.0000KHz atts = 43.71dB

1 (BP1) R1\_1 = 8.2000K C1\_1 = 51.2208p R2\_1 = 610.9615 R3\_1 = 178.0757K 誤差 = 1.8821 %

2 (BP1) R1\_2 = 27.0000K C1\_2 = 49.4440p R2\_2 = 2.0117K R3\_2 = 586.3469K 誤差 = 5.5166 %

3 (BP1) R1\_3 = 12.0000K C1\_3 = 51.2547p R2\_3 = 2.2655K R3\_3 = 70.1604K 誤差 = 4.2518 %

4 (BP1) R1\_4 = 30.0000K C1\_4 = 49.2835p R2\_4 = 5.6636K R3\_4 = 175.4011K 誤差 = 4.5020 %

5 (BP1) R1\_5 = 27.0000K C1\_5 = 48.5627p R2\_5 = 4.5571K R3\_5 = 65.6546K 誤差 = 5.7405 %

6 (BP1) R1\_6 = 36.0000K C1\_6 = 50.9400p R2\_6 = 6.0761K R3\_6 = 87.5395K 誤差 = 4.4496 %

## バンドパスフィルタ

## BP2\_6-100KHz - 300KHz.asc

バンドパス・チェビシェフ 6 次フィルタ 100KHz - 300KHz

設計パラメータの入力

✕

フィルタの種類	バンドパスフィルタ		遮断特性	チェビシェフ
設計するフィルタの次数 m(<=58)	6			
通過帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1/xs)	100	KHz		
通過帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp1*xs)	300	KHz		
周波数Fp1,Fp2における減衰量又はリプル attp	0.1	dB	OK	
最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fp1/Fs1	1.5	倍	キャンセル	

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 66.6667KHz Fs2 =450.0000KHz atts = 43.71dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

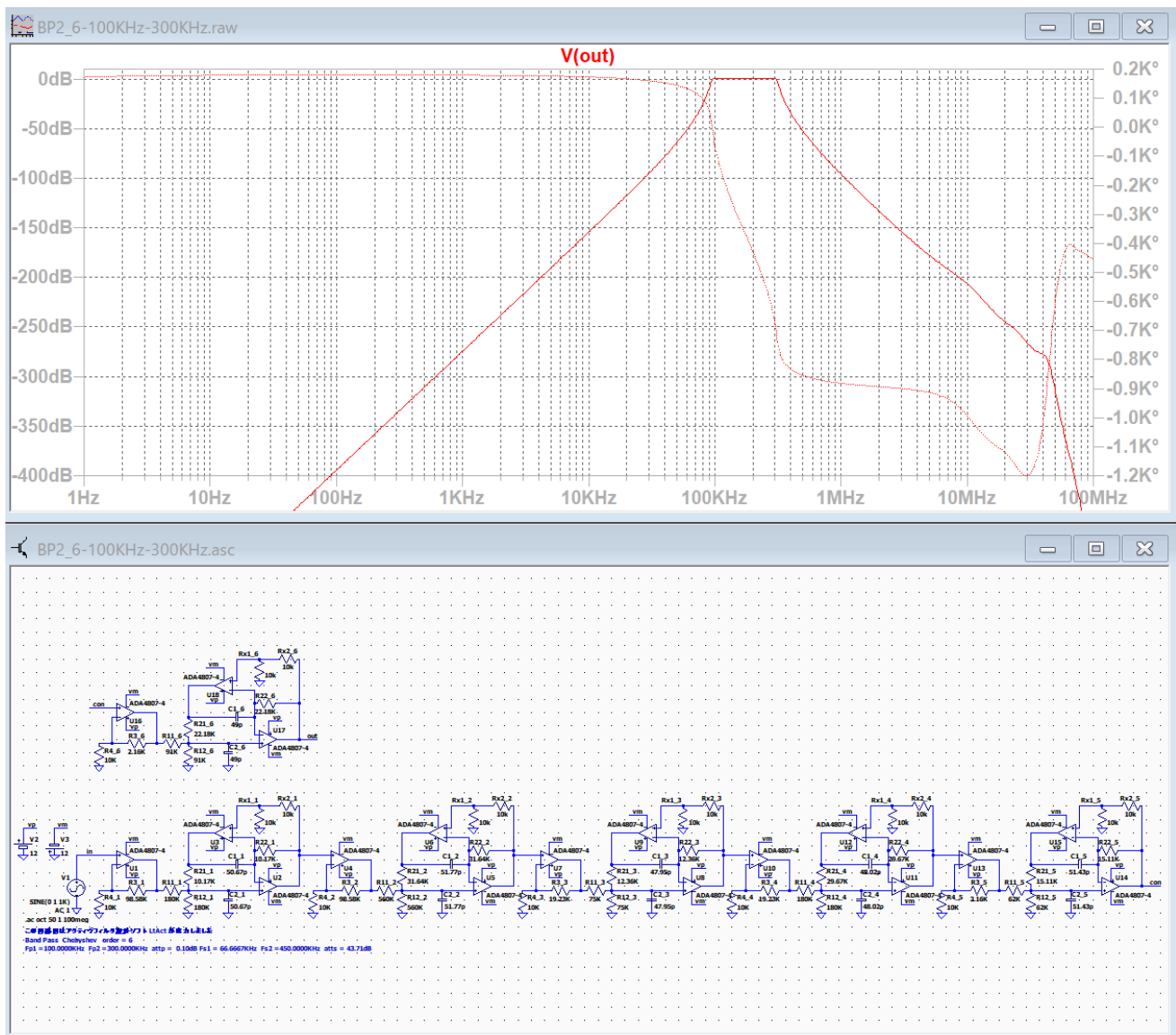
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	219.2697K	3.7644T	0	2.3809Meg	0	Q=	8.8485
2	68.9862K	372.6185G	0	749.0708K	0	Q=	8.8485
3	556.1655K	2.8470T	0	1.6259Meg	0	Q=	3.0338
4	231.3642K	492.6894G	0	676.3590K	0	Q=	3.0338
5	627.2806K	1.6564T	0	762.6639K	0	Q=	2.0518
6	448.5050K	846.8110G	0	545.3040K	0	Q=	2.0518

Fp2/Fp1 < 10 なので、「まとめ BP2 の C1\_1 の値」を参照して、100KHz に対応する推奨値を利用します。

C1\_1= C1\_2= C1\_3= C1\_4= C1\_5= C1\_6=50p を設定して V(out)を確認する。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図





## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\チェビシェフ\test\BP2\_6-100KHz-300KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 13:22:40 2020

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 66.6667KHz Fs2 =450.0000KHz atts = 43.71dB

1 (BP2) R1\_1 (2 個) = 180.0000K C1\_1 (2 個) = 50.6733p R2\_1 (2 個) = 10.1712K  
誤差 = 1.8025 %

1 R3\_1 = 98.5828K R4\_1 = 10.0000K 誤差 = 1.4376 %

2 (BP2) R1\_2 (2 個) = 560.0000K C1\_2 (2 個) = 51.7702p R2\_2 (2 個) = 31.6437K  
誤差 = 4.5369 %

2 R3\_2 = 98.5828K R4\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.4376 %

3 (BP2) R1\_3 (2 個) = 75.0000K C1\_3 (2 個) = 47.9474p R2\_3 (2 個) = 12.3606K  
誤差 = 3.5237 %

3 R3\_3 = 19.2335K R4\_3 = 10.0000K 誤差 = 3.9852 %

4 (BP2) R1\_4 (2 個) = 180.0000K C1\_4 (2 個) = 48.0243p R2\_4 (2 個) = 29.6655K  
誤差 = 2.4126 %

4 R3\_4 = 19.2335K R4\_4 = 10.0000K 誤差 = 3.9852 %

5 (BP2) R1\_5 (2 個) = 62.0000K C1\_5 (2 個) = 51.4253p R2\_5 (2 個) = 15.1090K  
誤差 = 1.0974 %

5 R3\_5 = 2.1583K R4\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.9341 %

6 (BP2) R1\_6 (2 個) = 91.0000K C1\_6 (2 個) = 49.0028p R2\_6 (2 個) = 22.1761K  
誤差 = 4.1522 %

6 R3\_6 = 2.1583K R4\_6 = 10.0000K 誤差 = 1.9341 %

## バンドパスフィルタ

BP1\_6-600KHz - 1200KHz.asc

バンドパス・チェビシェフ 6 次フィルタ 600KHz - 1200KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ 遮断特性 チェビシェフ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  6

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$  600 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p1} \times x_s)$  1.2 Meg

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $atp$  0.1 dB OK

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍 キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

 $F_{p1} = 600.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 1.2000\text{MegHz}$   $atp = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 400.0000\text{KHz}$   $F_{s2} = 1.8000\text{MegHz}$   $atts = 55.36\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

 $H_n = \text{-----}$ 

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

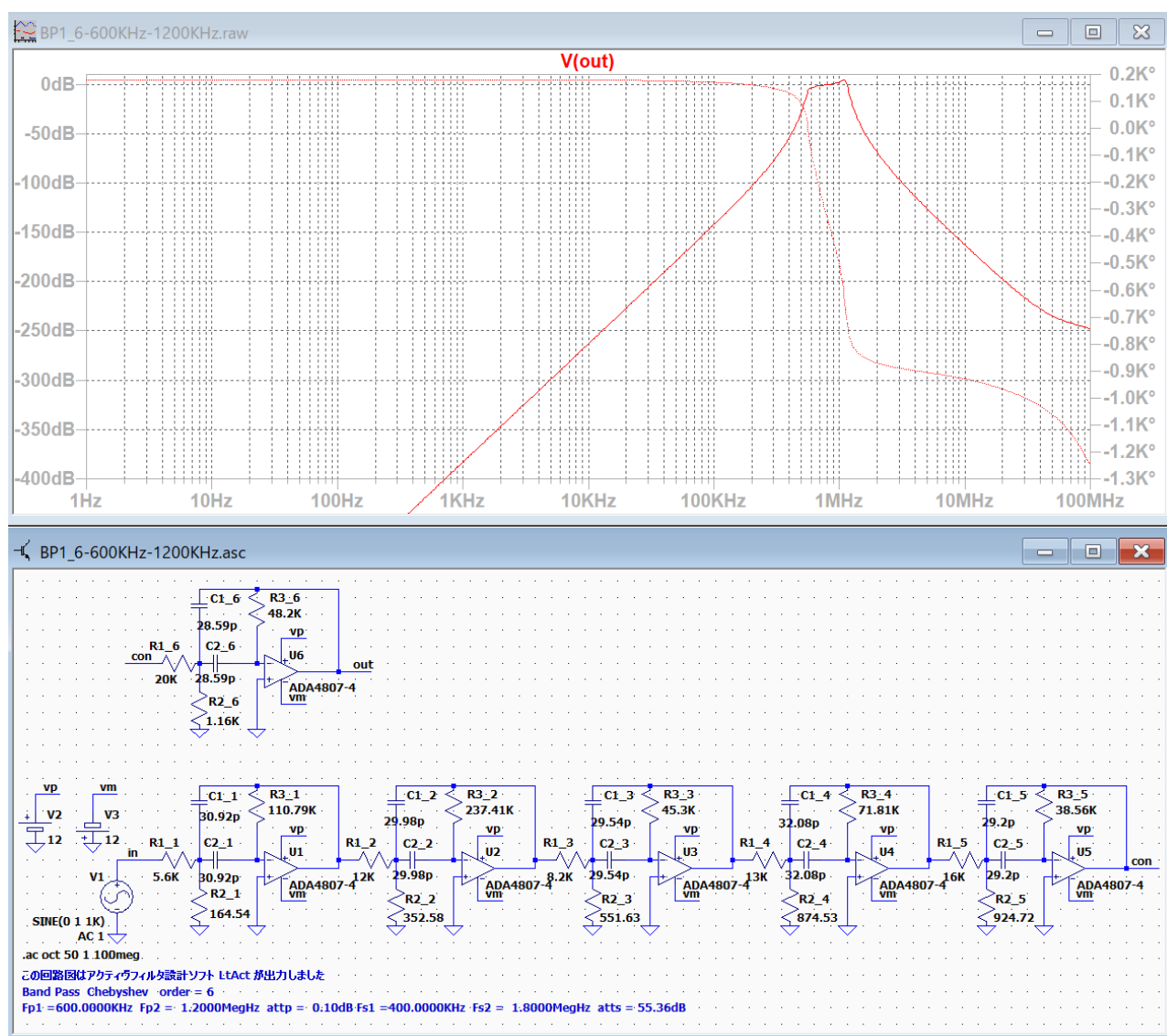
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	583.7797K	59.0546T	0	5.7747Meg	0	Q= 13.1637
2	280.9879K	13.6814T	0	2.7795Meg	0	Q= 13.1637
3	1.4945Meg	48.9394T	0	4.1280Meg	0	Q= 4.6808
4	868.0447K	16.5092T	0	2.3976Meg	0	Q= 4.6808
5	1.7762Meg	34.7921T	0	2.1404Meg	0	Q= 3.3208
6	1.4511Meg	23.2222T	0	1.7487Meg	0	Q= 3.3208

$F_{p2}/F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP1 の C1\_1 の値」を参照して、1MHz に対応する推奨値を利用します。

C1\_1= C1\_3= C1\_5= 30p を設定して V(out)を確認する。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\チェビシェフ\test\BP1\_6-600KHz-  
1200KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 13:29:00 2020

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =400.0000KHz Fs2 = 1.8000MegHz atts = 55.36dB

1 (BP1) R1\_1 = 5.6000K C1\_1 = 30.9228p R2\_1 = 164.5368 R3\_1 = 110.7904K 誤  
差 = 4.1252 %

2 (BP1) R1\_2 = 12.0000K C1\_2 = 29.9811p R2\_2 = 352.5788 R3\_2 = 237.4080K 誤  
差 = 2.3720 %

3 (BP1) R1\_3 = 8.2000K C1\_3 = 29.5427p R2\_3 = 551.6255 R3\_3 = 45.2971K 誤  
差 = 4.3397 %

4 (BP1) R1\_4 = 13.0000K C1\_4 = 32.0839p R2\_4 = 874.5283 R3\_4 = 71.8125K 誤  
差 = 6.6562 %

5 (BP1) R1\_5 = 16.0000K C1\_5 = 29.1997p R2\_5 = 924.7171 R3\_5 = 38.5616K 誤  
差 = 3.3671 %

6 (BP1) R1\_6 = 20.0000K C1\_6 = 28.5928p R2\_6 = 1.1559K R3\_6 = 48.2020K  
誤差 = 6.7079 %

## バンドパスフィルタ

BP2\_6-600KHz - 1200KHz.asc

バンドパス・チェビシェフ 6 次フィルタ 600KHz - 1200KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ 遮断特性 チェビシェフ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 50)$  6

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$  600 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p1} \times x_s)$  1.2 Meg

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $atp$  0.1 dB OK

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍 キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

 $F_{p1} = 600.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 1.2000\text{MegHz}$   $atp = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 400.0000\text{KHz}$   $F_{s2} = 1.8000\text{MegHz}$   $atts = 55.36\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

 $H_n = \text{-----}$ 

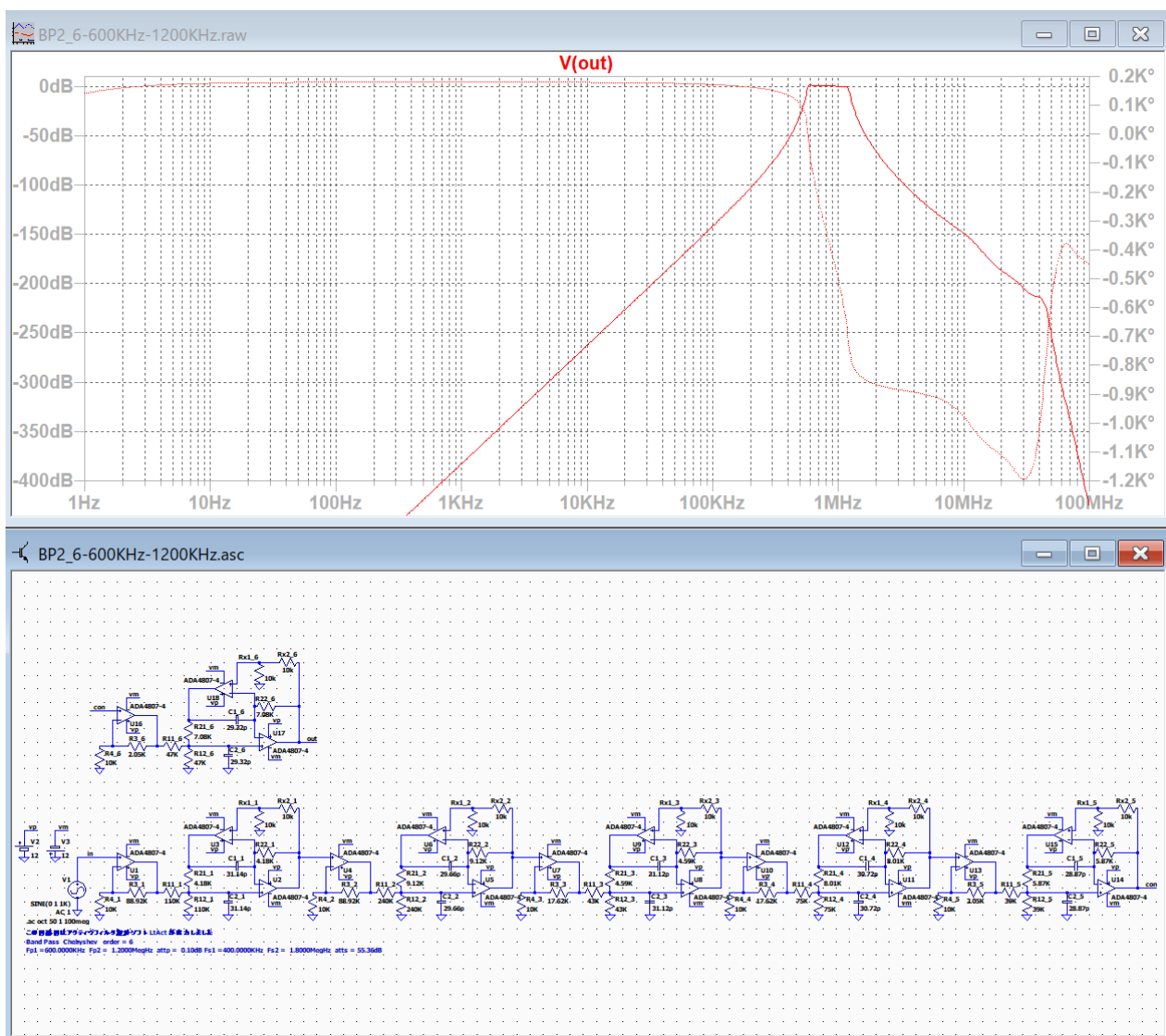
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	583.7797K	59.0546T	0	5.7747Meg	0	Q= 13.1637
2	280.9879K	13.6814T	0	2.7795Meg	0	Q= 13.1637
3	1.4945Meg	48.9394T	0	4.1280Meg	0	Q= 4.6808
4	868.0447K	16.5092T	0	2.3976Meg	0	Q= 4.6808
5	1.7762Meg	34.7921T	0	2.1404Meg	0	Q= 3.3208
6	1.4511Meg	23.2222T	0	1.7487Meg	0	Q= 3.3208

$F_{p2}/F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP2 の C1\_1 の値」を参照して、1MHz に対応する推奨値を利用します。

C1\_1= C1\_3= C1\_5= 30p を設定して V(out)を確認する。



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\チェビシェフ\test\BP2\_6-600KHz-  
1200KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 13:32:38 2020

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =400.0000KHz Fs2 = 1.8000MegHz atts = 55.36dB

1 (BP2) R1\_1 (2 個) = 110.0000K C1\_1 (2 個) = 31.1450p R2\_1 (2 個) = 4.1782K  
誤差 = 4.6925 %

1 R3\_1 = 88.9200K R4\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.3392 %

2 (BP2) R1\_2 (2 個) = 240.0000K C1\_2 (2 個) = 29.6573p R2\_2 (2 個) = 9.1160K  
誤差 = 1.1689 %

2 R3\_2 = 88.9200K R4\_2 = 10.0000K 誤差 = 2.3392 %

3 (BP2) R1\_3 (2 個) = 43.0000K C1\_3 (2 個) = 31.1209p R2\_3 (2 個) = 4.5932K  
誤差 = 4.2869 %

3 R3\_3 = 17.6202K R4\_3 = 10.0000K 誤差 = 2.1554 %

4 (BP2) R1\_4 (2 個) = 75.0000K C1\_4 (2 個) = 30.7204p R2\_4 (2 個) = 8.0114K  
誤差 = 3.3224 %

4 R3\_4 = 17.6202K R4\_4 = 10.0000K 誤差 = 2.1554 %

5 (BP2) R1\_5 (2 個) = 39.0000K C1\_5 (2 個) = 28.8714p R2\_5 (2 個) = 5.8721K  
誤差 = 6.0619 %

5 R3\_5 = 2.0505K R4\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.4622 %

6 (BP2) R1\_6 (2 個) = 47.0000K C1\_6 (2 個) = 29.3241p R2\_6 (2 個) = 7.0766K  
誤差 = 4.5377 %

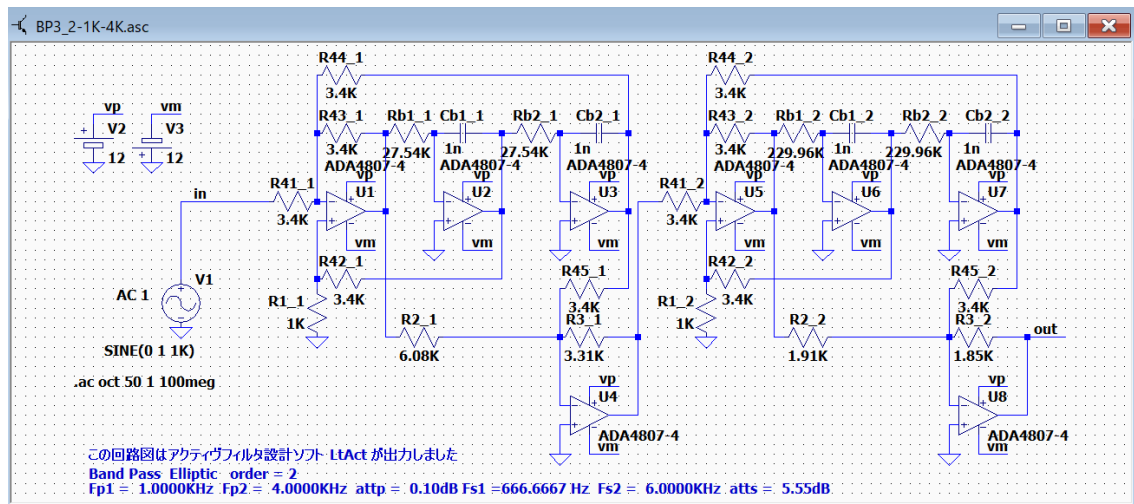
6 R3\_6 = 2.0505K R4\_6 = 10.0000K 誤差 = 2.4622 %

## バンドパスフィルタ

## 基本回路 BP3(et1)のコンデンサ値

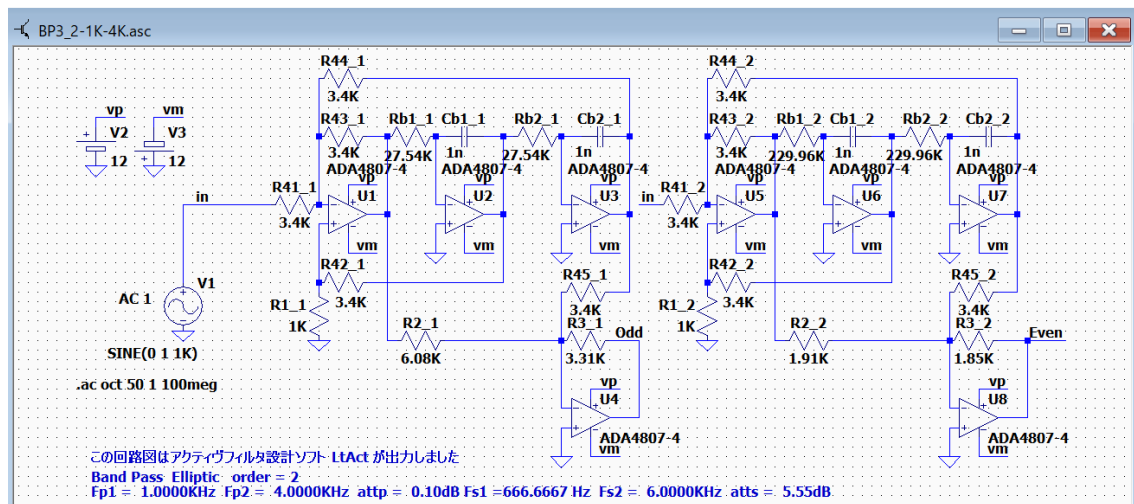
BP3(et1)は逆チェビシェフと楕円関数のバンドパスフィルタで使用される基本回路です。

## バンドパス・楕円関数 2次 1KHz-4KHz BP3



BP3 を使用するバンドパスフィルタは 1 次の et1 フィルタが 2 つ縦続接続されて 2 次のフィルタを構成しています。

2つのブロックそれぞれの出力を確認するために、2番目のブロックの R41\_2 を入力 in に接続します。

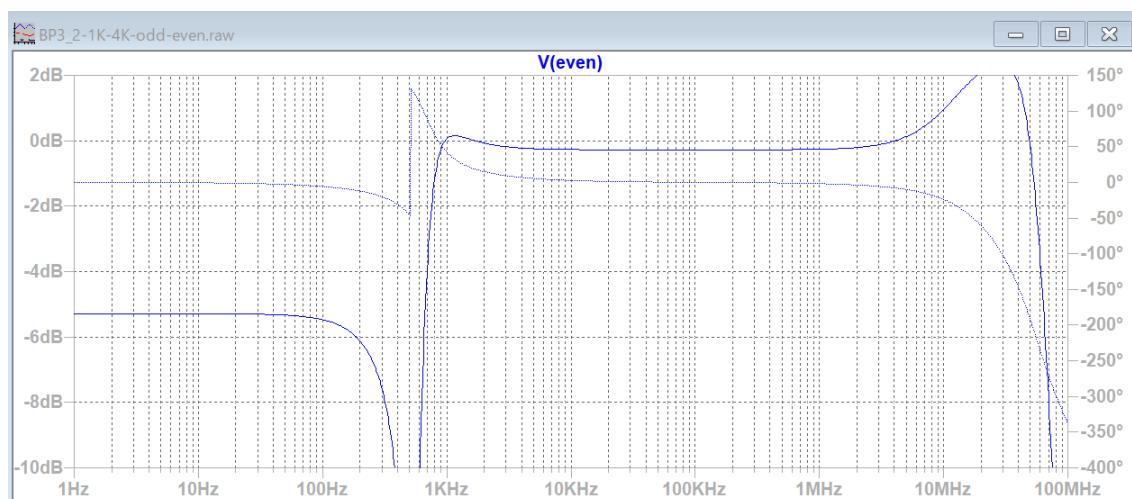
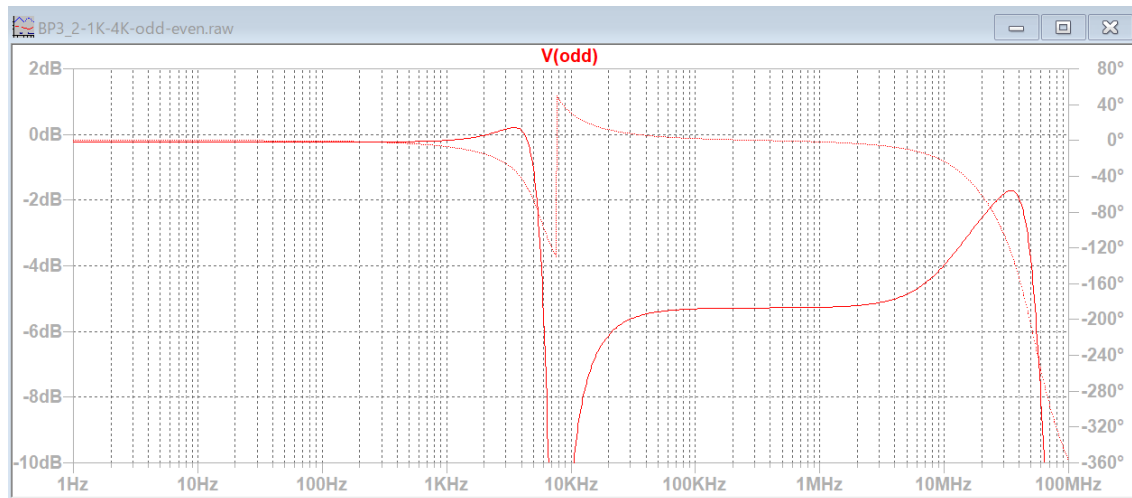


## 基本回路 BP3(et1)のコンデンサ値バンドパス・楕円関数 2次 1KHz-4KHz BP3



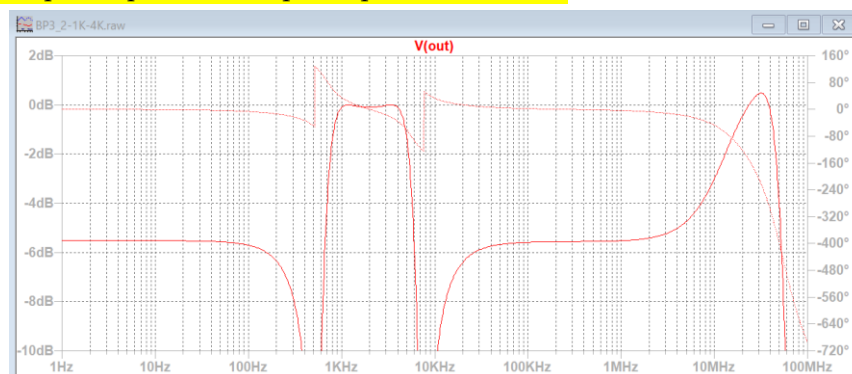
## バンドパスフィルタ

「Odd」と「Even」を確認します。



「Odd」は  $F_{p2}$  に対するローパスフィルタ、「Even」は  $F_{p1}$  に対するハイパスフィルタであることが分かります。

周波数は、 $F_{p2} > F_{p1}$  なので  $F_{p1} \sim F_{p2}$  が通過域です。



従って、すでに作成した LP3(et1)と HP3(et1)の表をそのまま利用することが出来ます。

基本回路 BP3(et1)のコンデンサ値バンドパス・楕円関数 2次 1KHz-4KHz BP3

まとめ BP3(et1)の Cb1\_1 の値

この表はオペアンプに ADA4807-4 を利用する場合の値です。

BP3(et1)	Cb1_1の値	奇数ブロック用	
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	10u	8.2u	3u
10	1.2u	0.9u	0.4u
100	120n	90n	40n
1000	18n	10n	4n
BP3(et1)	Cb1_1の値	偶数ブロック用	
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	50p	50p	50p
1000	30p	30p	30p

奇数次数の BP3 フィルタには、1 番目のブロックに BP2 が追加されます。

「まとめ BP2 の C1\_1 の値」を参照して、周波数 $Fc = \sqrt{Fp1 \cdot Fp2}$  に見合った C1\_1 の値に設定して下さい。奇数次数では、後続のブロックは表の奇数と偶数が反転します。

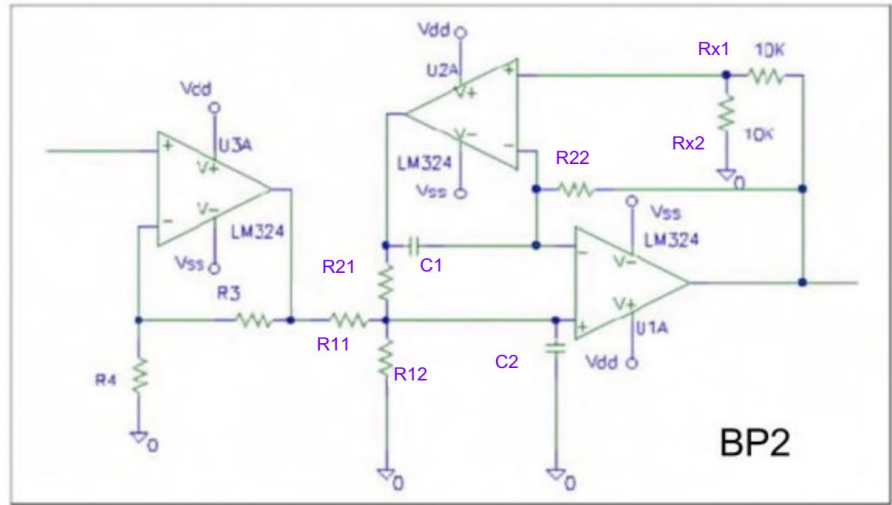


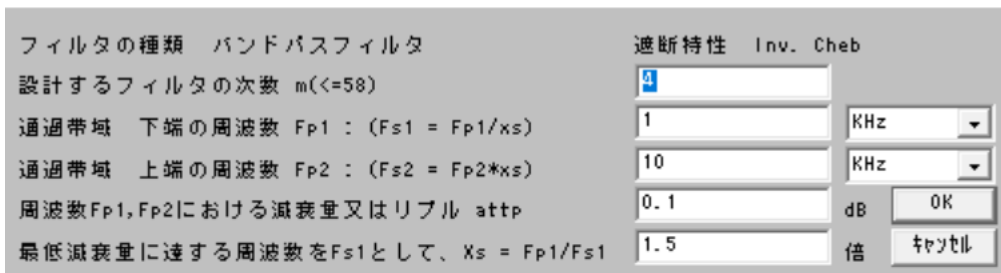
図6-2 1次のバンドパスフィルタ基本回路 bpat2\_1.cir

基本回路 BP3(et1)のコンデンサ値まとめ BP3(et1)の Cb1\_1 の値

## バンドパスフィルタ

## 4 次 フィルタの設計手順

設計パラメータの入力



フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  4

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1}$  : ( $F_{s1} = F_{p1}/x_s$ ) 1 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2}$  : ( $F_{s2} = F_{p2} \cdot x_s$ ) 10 KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

遮断特性 Inv. Cheb

OK キャンセル

4 次バンドパス・チェビシェフフィルタを「まとめ BP3 の Cb1\_1 の値」を参考にして設計する手順を説明します。

伝達関数の係数をファイルに出力します。

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アタック Band Pass Inv. Cheb 次数=4

$F_{p1} = 1.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 10.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$

$F_{s1} = 666.6667\text{ Hz}$   $F_{s2} = 15.0000\text{KHz}$   $atts = 14.00\text{dB}$

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$Hn = \text{-----}$

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

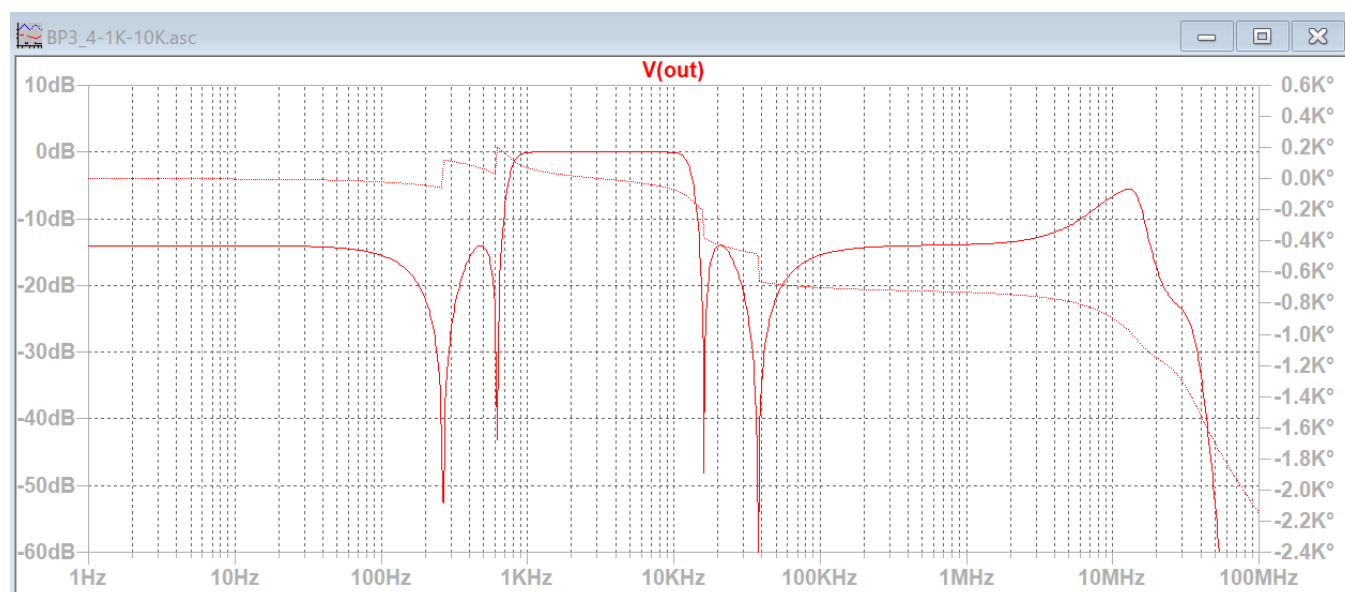
2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	32.4664K	7.3578G	0.7076	0	7.2722G	Q=	2.6420
2	1.7420K	21.1823Meg	0.9884	0	14.9895Meg	Q=	2.6420
3	191.5304K	15.6562G	0.2820	0	15.8401G	Q=	0.6533
4	4.8296K	9.9548Meg	1.0117	0	2.8073Meg	Q=	0.6533

「まとめ BP3(et1)の Cb1\_1 の値」を参照して、奇数ブロックは周波数 10KHz、偶数ブロックは周波数 1KHz で、対応する Q 値より値を求めます。

$C1\_1=0.9\mu$ ,  $C1\_2=1n$ ,  $C1\_3=0.4\mu$ ,  $C1\_4=1n$  に設定して回路図ファイルを出力して V(out)を確認します。

## バンドパスフィルタ



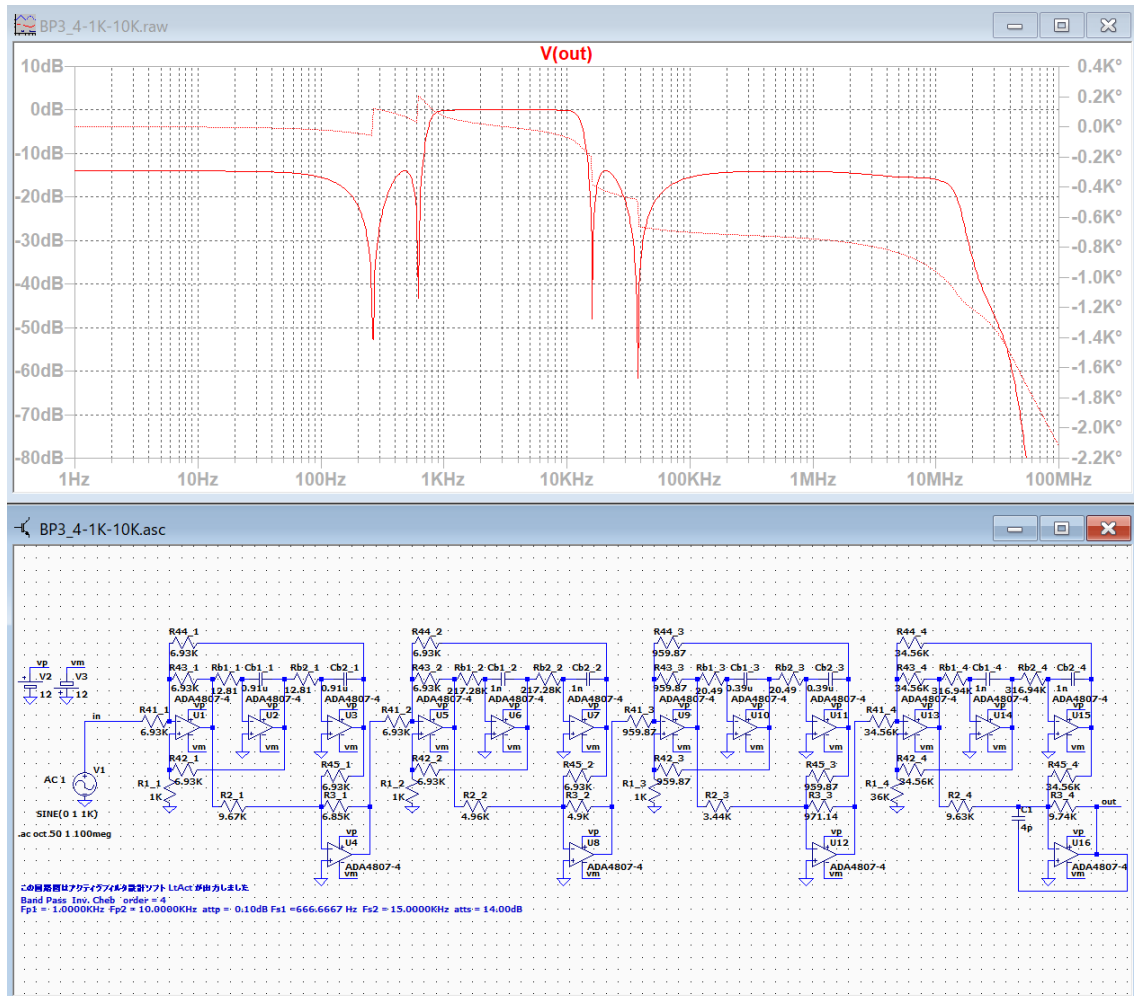
10MHz 付近にオーバシュートがあるので、U16 の R3\_4 に C1 を並列接続して調整したいが、R3\_4=270 を 10K 程度に増加してから行いたいと思う。

「回路図ファイルを作成する」に戻って、R1\_4=1K を設定するところで、R1\_4=36K に設定すると R3\_4 を 9.7K に変更することが出来る。

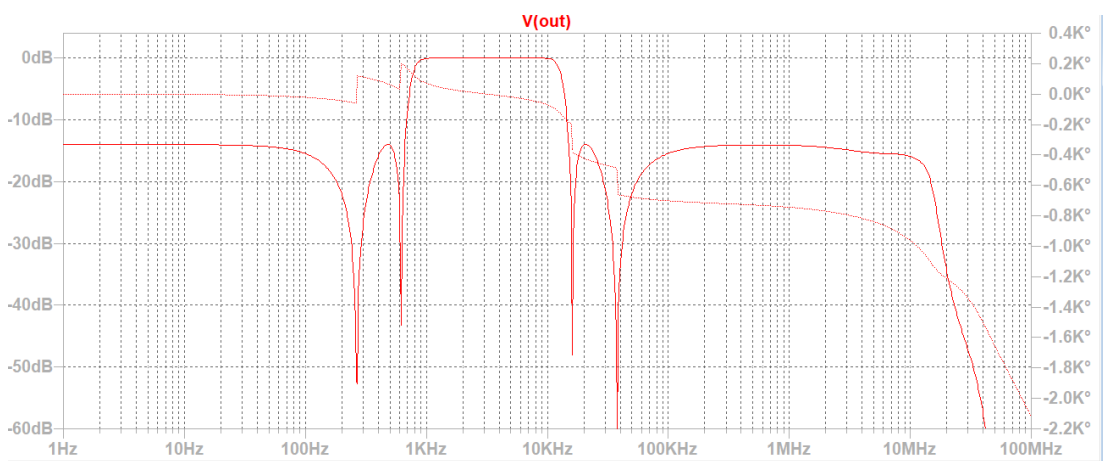
C1 を並列接続して、4p に設定するとオーバシュートを消すことが出来た。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



-60dB までの範囲を拡大して表示します。

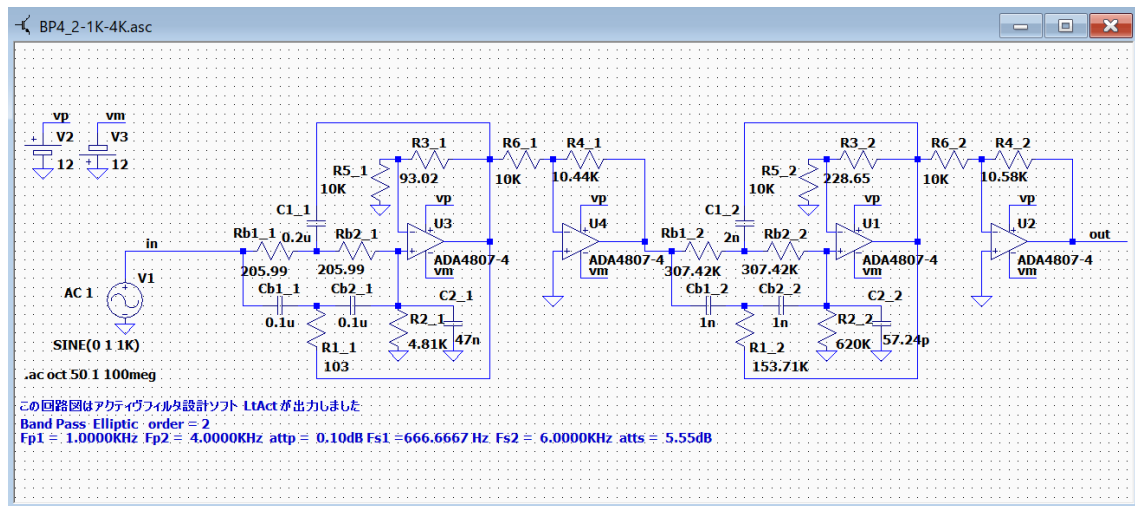


## バンドパスフィルタ

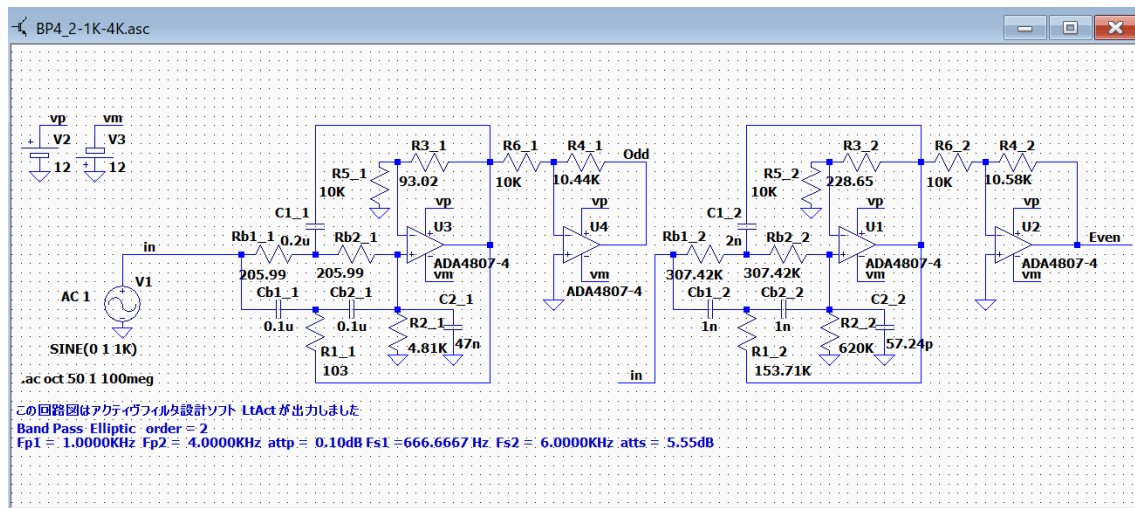
## 基本回路 BP4(et2)のコンデンサ値

BP4(et2)は逆チェビシェフと楕円関数のバンドパスフィルタで使用される基本回路です。

## バンドパス・楕円関数 2次 1KHz-4KHz BP4

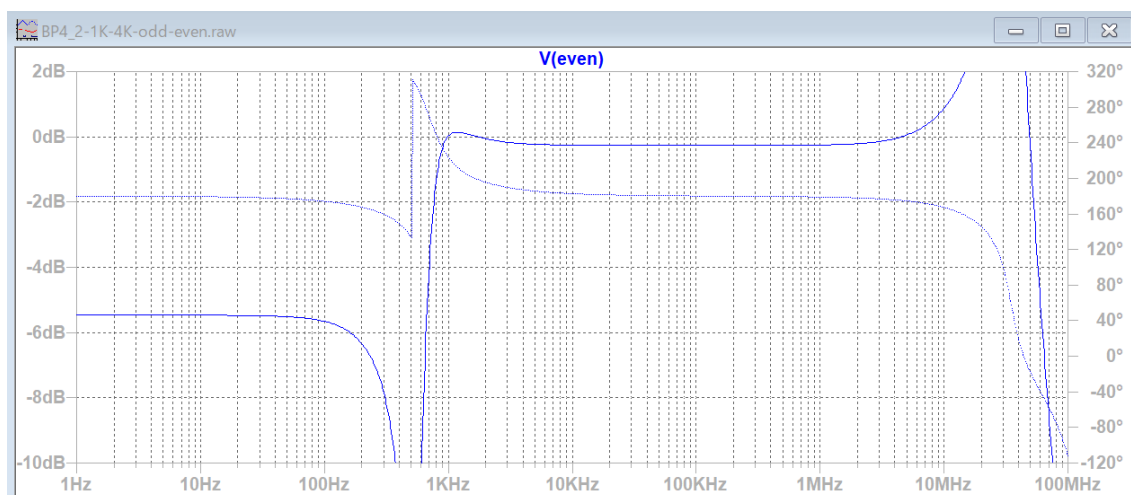
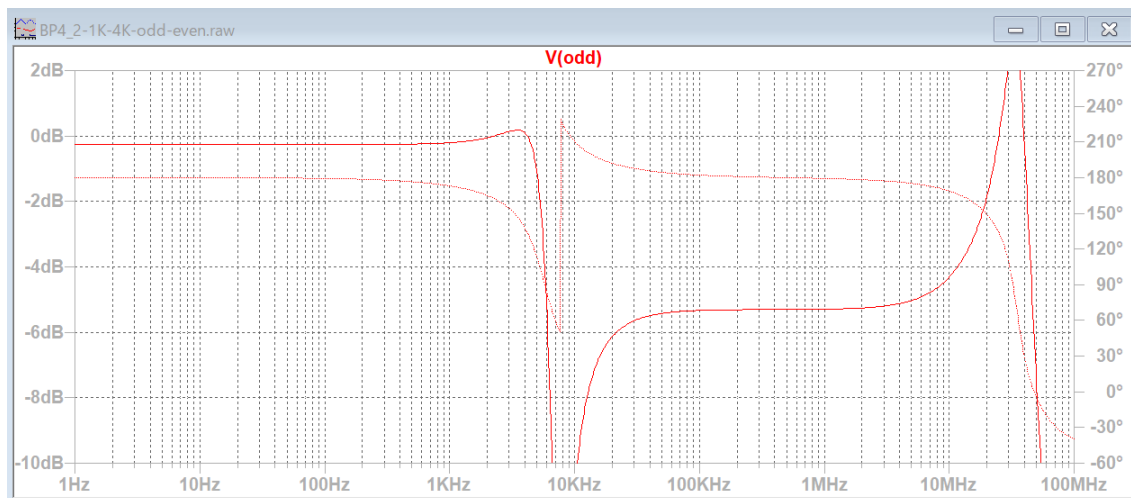


BP4 を使用するバンドパスフィルタは 1 次の et2 フィルタが 2 つ縦続接続されて 2 次のフィルタを構成しています。2 つのブロックそれぞれの出力を確認するために、2 番目のブロックの Rb1\_2 を入力 in に接続します。

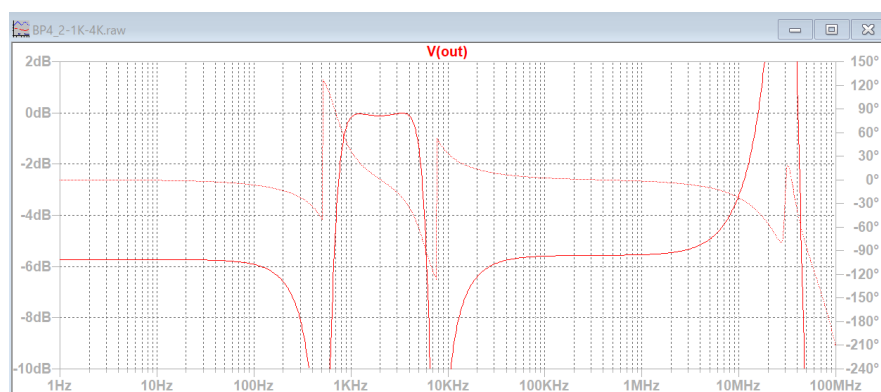


## バンドパスフィルタ

「Odd」と「Even」を確認します。



「Odd」は  $F_{p2}$  に対するローパスフィルタ、「Even」は  $F_{p1}$  に対するハイパスフィルタであることが分かります。



従って、すでに作成した LP4(et2)と HP4(et2)の表をそのまま利用することが出来ます。

基本回路 BP4(et2)のコンデンサ値バンドパス・楕円関数 2次 1KHz-4KHz BP4

まとめ BP4(et2)の Cb1\_1 の値

この表はオペアンプに ADA4807-4 を利用する場合の値です。

BP4(et2)	Cb1_1の値	奇数ブロック用	
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	3u	1u	0.1u
10	0.2u	0.1u	20n
100	20n	10n	2n
1000	2n	1n	0.2n
BP4(et2)	Cb1_1の値	偶数ブロック用	
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	75p	75p	75p
1000	200p	200p	200p

奇数次数の BP4 フィルタには、1 番目のブロックに BP2 が追加されます。

「まとめ BP2 の C1\_1 の値」を参照して、周波数 $Fc = \sqrt{Fp1 \cdot Fp2}$ に見合った C1\_1 の値に設定して下さい。奇数次数では、後続のブロックは表の奇数と偶数が反転します。

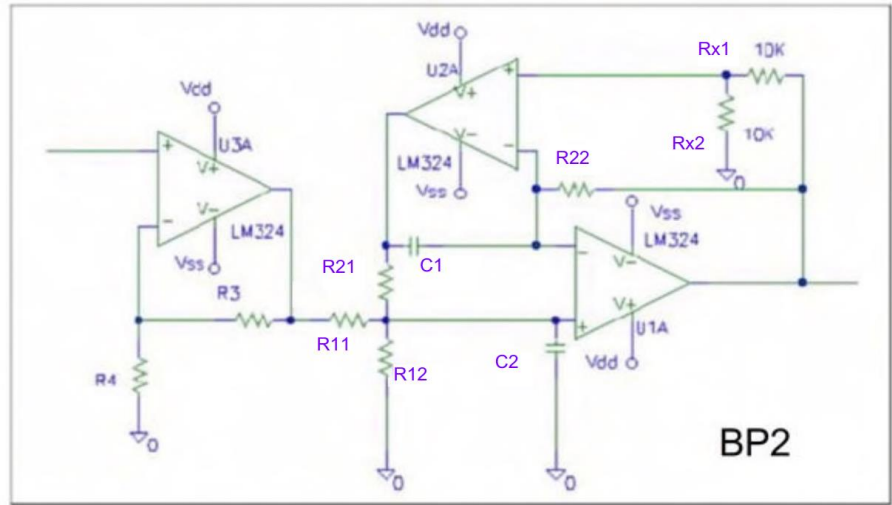


図6-2 1次のバンドパスフィルタ基本回路 bpat2\_1.cir



## バンドパスフィルタ

## 4 次 フィルタの設計手順

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(≤58)$  4

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$  1 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p1} \times x_s)$  4 KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

OK キャンセル

4 次バンドパス・チェビシェフフィルタを「まとめ BP4 の Cb1\_1 の値」を参考にして設計する手順を説明します。

伝達関数の係数をファイルに出力します。

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Elliptic 次数=4

$F_{p1} = 1.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 10.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$

$F_{s1} = 666.6667\text{ Hz}$   $F_{s2} = 15.0000\text{KHz}$   $atts = 31.82\text{dB}$

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$Hn = \text{-----}$

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

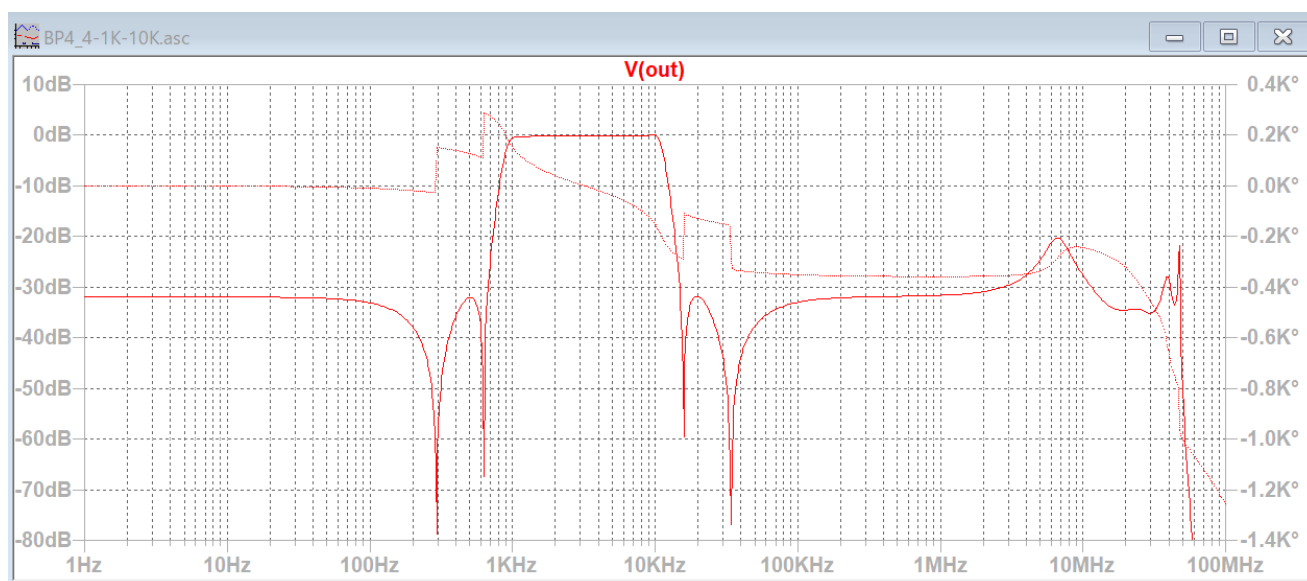
2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	19.3456K	4.7816G	0.1292	0	5.9285G	3.5744
2	1.5972K	32.5949Meg	1.2399	0	4.2107Meg	3.5744
3	68.2278K	2.7042G	0.2085	0	2.0772G	0.7622
4	9.9604K	57.6335Meg	0.7681	0	12.0177Meg	0.7622

「まとめ BP4(et2)の Cb1\_1 の値」を参照して、奇数ブロックは周波数 10KHz、偶数ブロックは周波数 1KHz で、対応する Q 値より値を求めます。

C1\_1=0.1u, C1\_2=1n, C1\_3=20n, C1\_4=1n に設定して回路図ファイルを出力して V(out)を確認します。

## バンドパスフィルタ

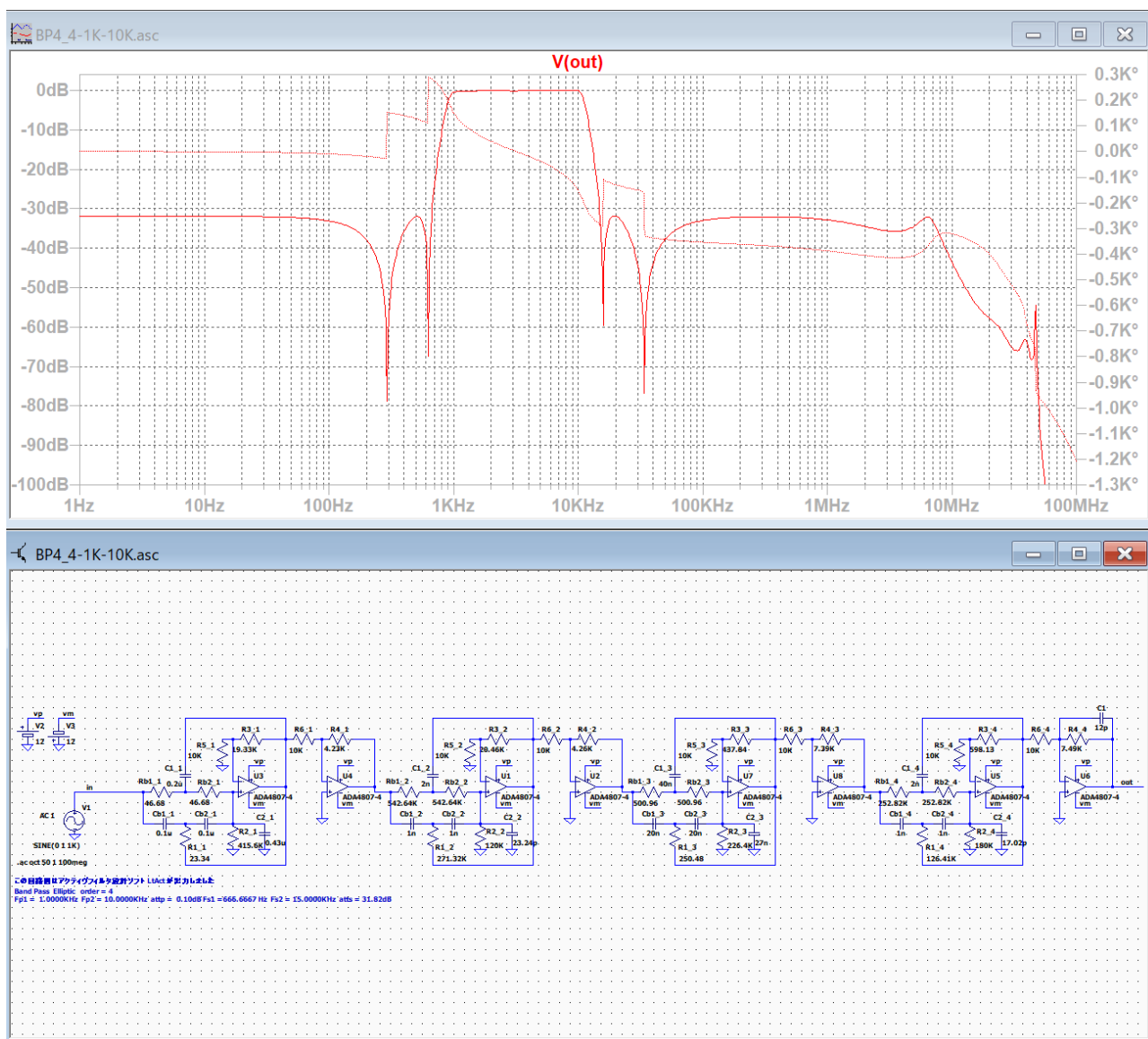


7MHz 付近にオーバシュートがあるので、U6 の R4\_4 に C1 を並列接続して調整します。

C1=12p にするとオーバシュートが消えました。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

## 逆チェビシェフ

BP4\_6-980Hz-1020Hz.asc

バンドパス・逆チェビシェフ 6 次フィルタ 980Hz・1020Hz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$  980 Hz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} \cdot x_s)$  1.02 KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

遮断特性 Inv. Cheb

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

 $F_{p1} = 980.0000 \text{ Hz}$   $F_{p2} = 1.0200 \text{ KHz}$   $attp = 0.1000 \text{ dB}$  $F_{s1} = 653.3333 \text{ Hz}$   $F_{s2} = 1.5300 \text{ KHz}$   $atts = 174.64 \text{ dB}$ 

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	91.1369	41.6043Meg	39.8710m	0	3.7902Meg	Q= 70.7741
2	86.4455	37.4312Meg	91.1024m	0	1.4924Meg	Q= 70.7741
3	247.7006	41.0223Meg	25.0586m	0	3.1920Meg	Q= 25.8573
4	238.2830	37.9623Meg	77.8116m	0	951.2829K	Q= 25.8573
5	334.8575	40.0276Meg	4.4501m	0	2.3537Meg	Q= 18.8938
6	330.1313	38.9056Meg	58.8021m	0	173.1323K	Q= 18.8938

「まとめ BP4(et2)の Cb1\_1 の値」より、 $F_{p1}$  と  $F_{p2}$  共に 1KHz の値を利用します。

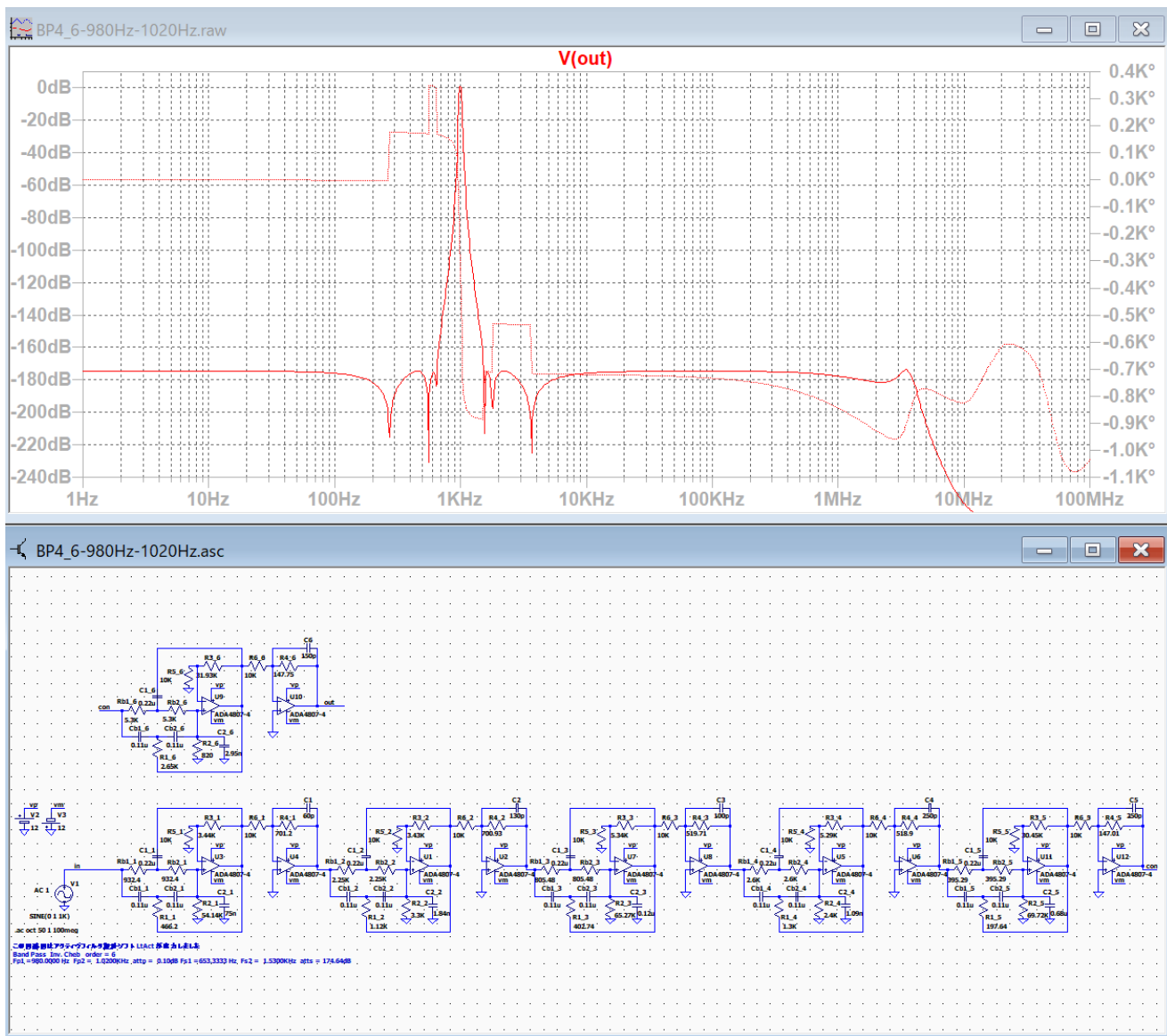
Cb1\_1=1n, Cb1\_2=0.2n, Cb1\_3=0.2n, Cb1\_4=0.2n, Cb1\_5=0.2n, Cb1\_6=0.2n を設定して V(out)を確認します。

出力が -20dB 以下になったので、Cb1\_?=0.1u に変更した。

阻止域の 4MHz 付近にオーバシュートがあるので、U2, U4, U6...の R4\_\_? に順に C? を並列接続してオーバシュートを抑制した。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\逆チェビシェフ\test\BP4\_6-980Hz-1020Hz.asc 作成日時 Sat Nov 28 14:09:56 2020

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp1 = 980.0000 Hz Fp2 = 1.0200KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 653.3333 Hz Fs2 = 1.5300KHz atts = 174.64dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 932.3997 Cb\_1 (2 個) = 0.1100u R1\_1 = 466.1998 C1\_1 = 0.2200u 誤差 = 2.5369 %

1 R2\_1 = 54.1361K C2\_1 = 75.0000n 誤差 = 3.4429 %

1 R3\_1 = 3.4400K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 4.0690 %

1 R4\_1 = 701.1960 R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.0228 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 2.2461K Cb\_2 (2 個) = 0.1100u R1\_2 = 1.1230K C1\_2 = 0.2200u 誤差 = 2.9018 %

2 R2\_2 = 3.3000K C2\_2 = 1.8375n 誤差 = 2.0391 %

2 R3\_2 = 3.4315K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 3.8323 %

2 R4\_2 = 700.9341 R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 2.9866 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 805.4784 Cb\_3 (2 個) = 0.1100u R1\_3 = 402.7392 C1\_3 = 0.2200u 誤差 = 3.6408 %

3 R2\_3 = 65.2729K C2\_3 = 0.1200u 誤差 = 4.1780 %

3 R3\_3 = 5.3417K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 4.5242 %

3 R4\_3 = 519.7091 R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 1.8682 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 2.6000K Cb\_4 (2 個) = 0.1100u R1\_4 = 1.3000K C1\_4 = 0.2200u 誤差 = 3.8458 %

4 R2\_4 = 2.4000K C2\_4 = 1.0892n 誤差 = 0.9941 %

4 R3\_4 = 5.2924K R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 3.6362 %

4 R4\_4 = 518.9003 R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 1.7152 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 395.2882 Cb\_5 (2 個) = 0.1100u R1\_5 = 197.6441 C1\_5 = 0.2200u 誤差 = 1.7918 %

5 R2\_5 = 69.7178K C2\_5 = 0.6800u 誤差 = 2.4639 %

5 R3\_5 = 30.4510K R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.4811 %

5 R4\_5 = 147.0147 R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.0306 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 5.2980K Cb\_6 (2 個) = 0.1100u R1\_6 = 2.6490K C1\_6 = 0.2200u 誤差 = 4.2043 %

6 R2\_6 = 820.0000 C2\_6 = 2.9479n 誤差 = 1.7667 %

6 R3\_6 = 31.9323K R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 3.3436 %

6 R4\_6 = 147.7472 R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 1.5247 %

## バンドパスフィルタ

BP4\_6-980Hz-1020KHz.asc

バンドパス・逆チェビシェフ 6 次フィルタ 980Hz・1020KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$  980 Hz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} \cdot x_s)$  1.02 Meg

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

遮断特性 Inv. Cheb

OK Cancel

バンドパス・逆チェビシェフ 6 次フィルタ 980Hz・1020Hz のパラメータを入力する時に間違えて、980Hz・1020KHz のパラメータを入力した時のことです。

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

$F_{p1} = 980.0000 \text{ Hz}$   $F_{p2} = 1.0200 \text{ MegHz}$   $attp = 0.1000 \text{ dB}$

$F_{s1} = 653.3333 \text{ Hz}$   $F_{s2} = 1.5300 \text{ MegHz}$   $atts = 27.85 \text{ dB}$

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$H_n = \text{-----}$

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

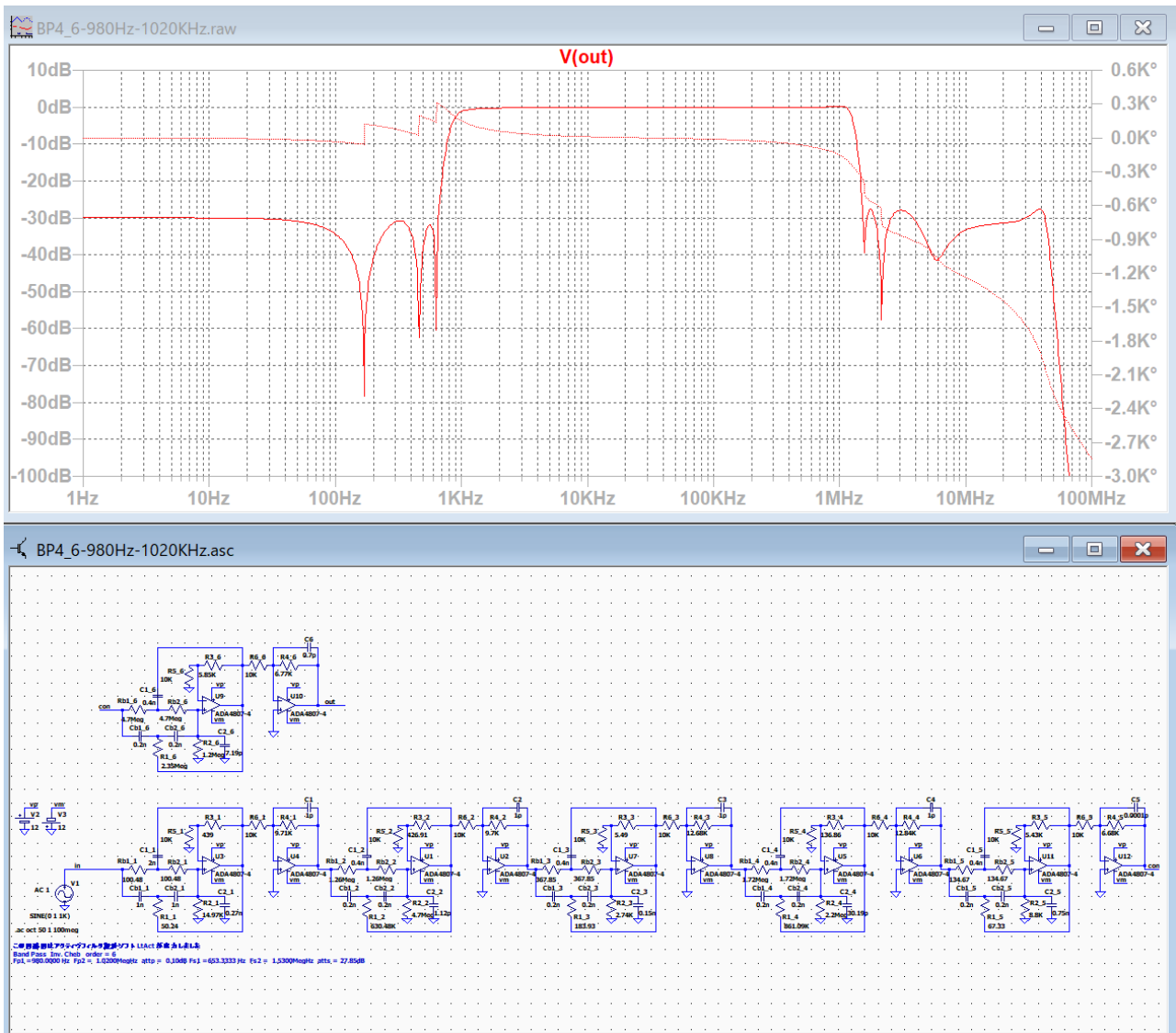
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	2.4416Meg	65.1779T	0.6579	0	65.1662T	Q=	3.3065
2	1.4783K	23.8931Meg	0.9998	0	15.7204Meg	Q=	3.3065
3	9.6041Meg	93.7534T	0.5075	0	93.7534T	Q=	1.0082
4	4.0425K	16.6106Meg	1.0000	0	8.4292Meg	Q=	1.0082
5	23.4097Meg	167.1369T	0.1213	0	167.1669T	Q=	0.5523
6	5.5273K	9.3175Meg	1.0002	0	1.1299Meg	Q=	0.5523

$F_{p2} = 1020 \text{ KHz}$  と入力したことに気付かないで、 $F_{p1}$  と  $F_{p2}$  に  $1 \text{ KHz}$  の値を設定してしまいました。

$Cb1\_1 = 1n$ ,  $Cb1\_2 = 0.2n$ ,  $Cb1\_3 = 0.2n$ ,  $Cb1\_4 = 0.2n$ ,  $Cb1\_5 = 0.2n$ ,  $Cb1\_6 = 0.2n$  を設定して  $V(out)$ を確認した。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



Fp2 / Fp1 = 1000 ののに、FP2 と Fp1 の素子に対して 1KHz の Cb1\_? の値を設定したが正常に動作しました。



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\逆チェビシェフ\test\BP4\_6-980Hz-1020KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 13:45:16 2020

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp1 =980.0000 Hz Fp2 = 1.0200MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =653.3333 Hz Fs2 = 1.5300MegHz atts = 27.85dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 100.4812 Cb\_1 (2 個) = 1.0000n R1\_1 = 50.2406 C1\_1 = 2.0000n 誤差 = 1.5856 %

1 R2\_1 = 14.9712K C2\_1 = 0.2700n 誤差 = 0.1925 %

1 R3\_1 = 439.0004 R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.0502 %

1 R4\_1 = 9.7063K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.0258 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 1.2610Meg Cb\_2 (2 個) = 0.2000n R1\_2 = 630.4768K

C1\_2 = 0.4000n 誤差 = 4.3128 %

2 R2\_2 = 4.7000Meg C2\_2 = 1.1170p 誤差 = 1.5226 %

2 R3\_2 = 426.9076 R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 0.7244 %

2 R4\_2 = 9.6960K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 3.1358 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 367.8548 Cb\_3 (2 個) = 0.2000n R1\_3 = 183.9274 C1\_3 = 0.4000n 誤差 = 3.9203 %

3 R2\_3 = 2.7386K C2\_3 = 0.1500n 誤差 = 1.4095 %

3 R3\_3 = 5.4880 R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 2.0406 %

3 R4\_3 = 12.6795K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 2.5278 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 1.7222Meg Cb\_4 (2 個) = 0.2000n R1\_4 = 861.0881K

C1\_4 = 0.4000n 誤差 = 7.0313 %

4 R2\_4 = 2.2000Meg C2\_4 = 30.1941p 誤差 = 0.6429 %

4 R3\_4 = 136.8616 R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 5.0136 %

4 R4\_4 = 12.8436K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 1.2175 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 134.6691 Cb\_5 (2 個) = 0.2000n R1\_5 = 67.3346 C1\_5 = 0.4000n 誤差 = 4.3872 %

5 R2\_5 = 8.8039K C2\_5 = 0.7500n 誤差 = 3.3628 %

5 R3\_5 = 5.4281K R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 3.1670 %

5 R4\_5 = 6.6812K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.7785 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 4.7042Meg Cb\_6 (2 個) = 0.2000n R1\_6 = 2.3521Meg

C1\_6 = 0.4000n 誤差 = 3.2257 %

6 R2\_6 = 1.2000Meg C2\_6 = 7.1858p 誤差 = 4.3731 %

6 R3\_6 = 5.8456K R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 4.2019 %

6 R4\_6 = 6.7656K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 0.5086 %

## バンドパスフィルタ

## BP3\_6-10KHz - 30KHz.asc

バンドパス・逆チェビシェフ 6 次フィルタ 10KHz - 30KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1}$  : ( $F_{s1} = F_{p1}/x_s$ )  KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2}$  : ( $F_{s2} = F_{p2} \cdot x_s$ )  KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $attp$   dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$   倍

遮断特性 Inv. Cheb

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

 $F_{p1} = 10.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 30.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 6.6667\text{KHz}$   $F_{s2} = 45.0000\text{KHz}$   $atts = 43.71\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$Pn\_2 \cdot s^2 + Pn\_3 \cdot s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 \cdot s + Pn\_1$$

2 次式

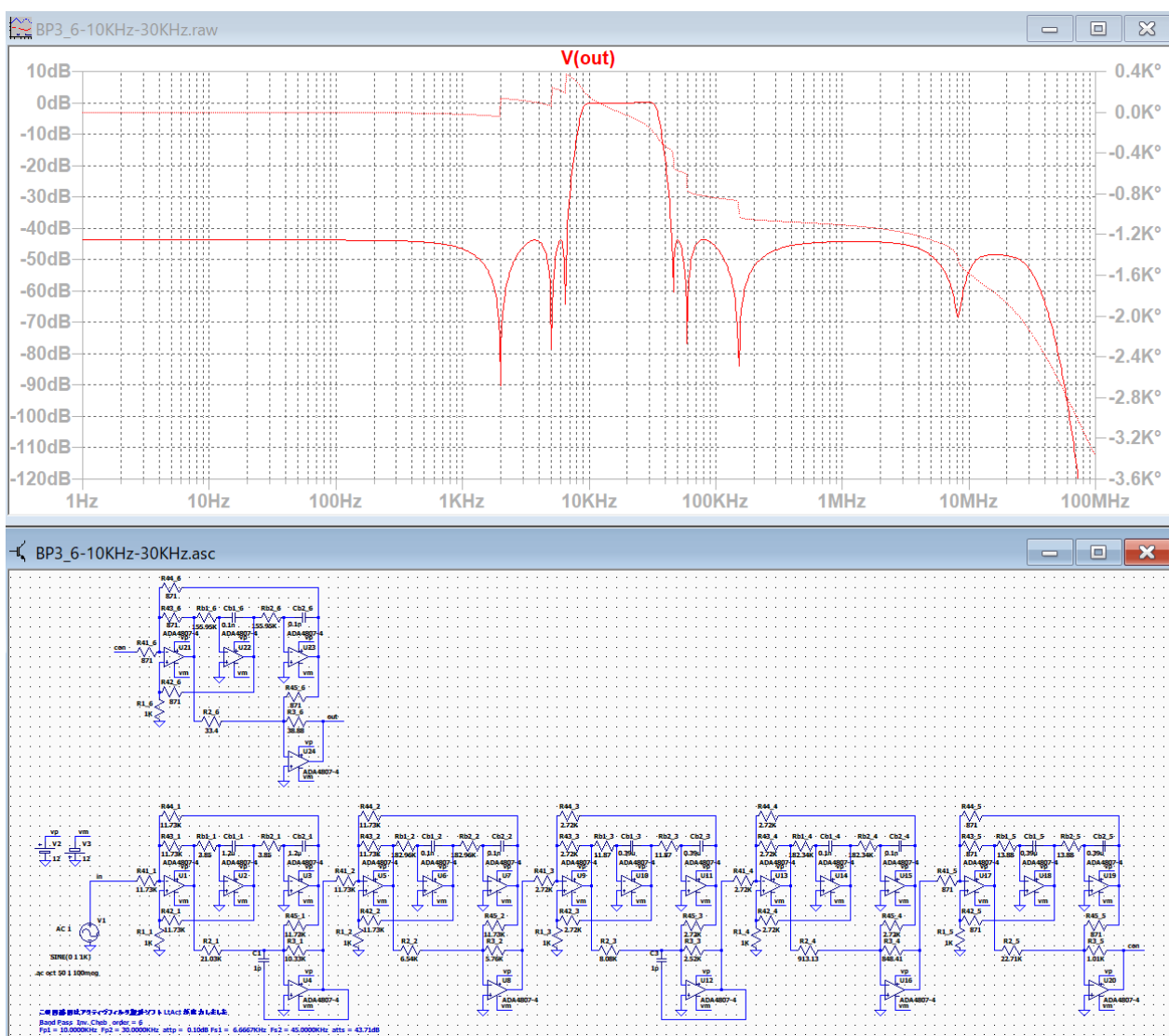
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	51.0707K	46.9550G	0.4913	0	41.3675G	Q=	4.2430
2	12.8817K	2.9873G	0.8810	0	1.4677G	Q=	4.2430
3	174.3641K	46.6373G	0.3124	0	43.3320G	Q=	1.2385
4	44.2797K	3.0077G	0.9291	0	939.6492Meg	Q=	1.2385
5	296.1524K	34.1142G	44.6349m	0	39.7043G	Q=	0.6237
6	102.8161K	4.1118G	1.1639	0	183.5278Meg	Q=	0.6237

$F_{p2}/F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP3(et1)の Cb1\_1 の値」を参照して、10KHz に対応する推奨値を利用します。

Cb1\_1= 1.2u, Cb1\_2= 100p, Cb1\_3= 0.4u, Cb1\_4= 100p, Cb1\_5= 0.4u, Cb1\_6=100p を設定して V(out)を確認する。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\逆チェビシェフ\test\BP3\_6-

10KHz-30KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 15:07:07 2020

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 6.6667KHz Fs2 = 45.0000KHz atts = 43.71dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 3.8457 Cb\_1 (2 個) = 1.2000u 誤差 = 1.4114 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 21.0317K R3\_1 = 10.3332K R4\_1 (5 個) =

11.7289K 誤差 = 6.0777 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 182.9615K Cb\_2 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 1.6187 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 6.5409K R3\_2 = 5.7626K R4\_2 (5 個) =

11.7289K 誤差 = 5.3844 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 11.8732 Cb\_3 (2 個) = 0.3900u 誤差 = 1.0677 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 8.0762K R3\_3 = 2.5232K R4\_3 (5 個) =

2.7156K 誤差 = 5.1482 %

4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 182.3416K Cb\_4 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 1.2842 %

4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 913.1254 R3\_4 = 848.4097 R4\_4 (5 個) =

2.7156K 誤差 = 3.4148 %

5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 13.8825 Cb\_5 (2 個) = 0.3900u 誤差 = 6.3569 %

5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 22.7115K R3\_5 = 1.0137K R4\_5 (5 個) = 870.9991

誤差 = 5.6300 %

6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 155.9504K Cb\_6 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 2.5967 %

6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 33.4034 R3\_6 = 38.8770 R4\_6 (5 個) = 870.9991

誤差 = 4.6485 %

## バンドパスフィルタ

## BP4\_6-10KHz - 30KHz.asc

バンドパス・逆チェビシェフ 6 次フィルタ 10KHz - 30KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

遮断特性 Inv. Cheb

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1}$  : ( $F_{s1} = F_{p1}/x_s$ ) 10 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2}$  : ( $F_{s2} = F_{p2} \cdot x_s$ ) 30 KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

 $F_{p1} = 10.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 30.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 6.6667\text{KHz}$   $F_{s2} = 45.0000\text{KHz}$   $atts = 43.71\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

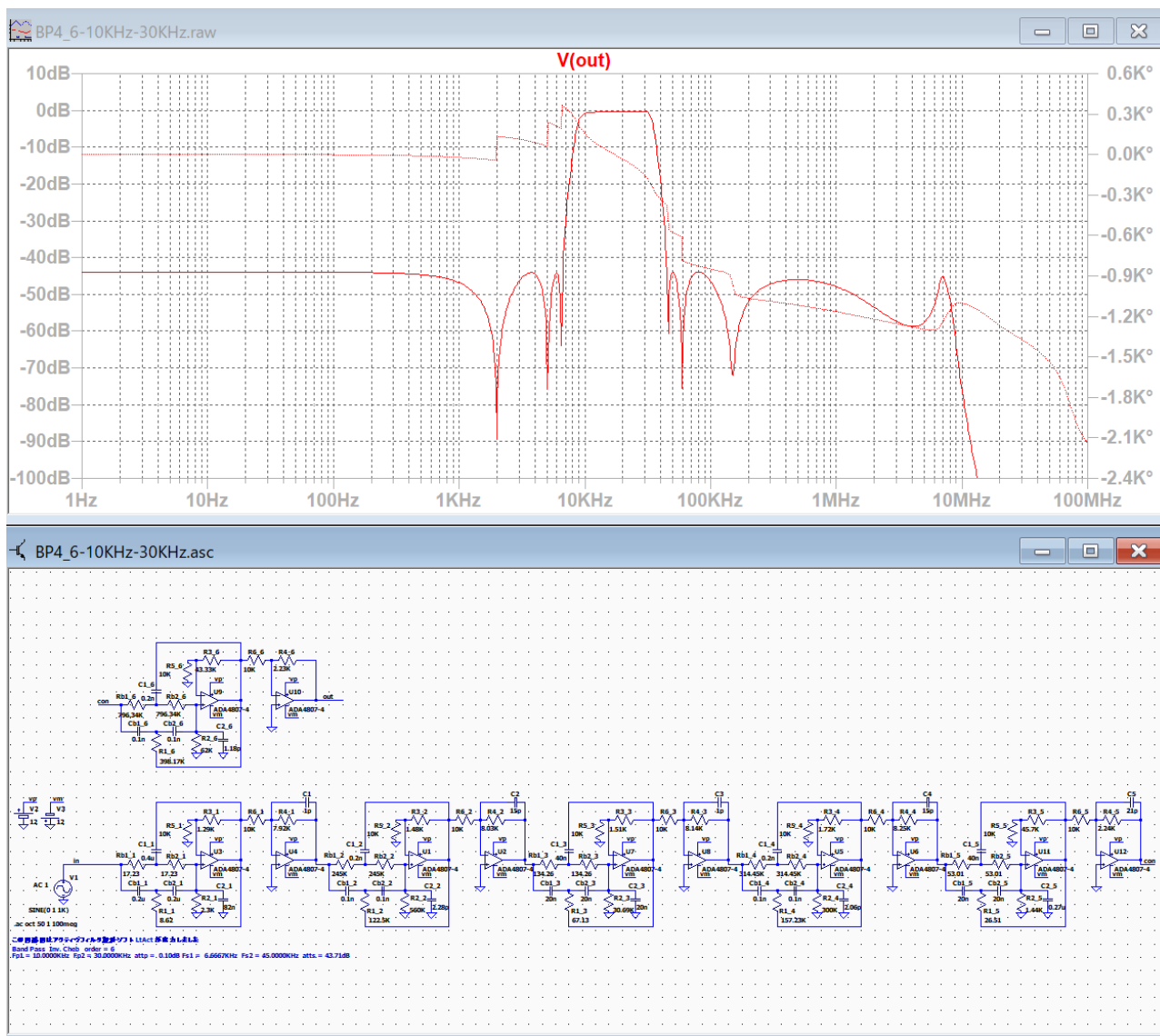
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	51.0707K	46.9550G	0.4913	0	41.3675G	Q=	4.2430
2	12.8817K	2.9873G	0.8810	0	1.4677G	Q=	4.2430
3	174.3641K	46.6373G	0.3124	0	43.3320G	Q=	1.2385
4	44.2797K	3.0077G	0.9291	0	939.6492Meg	Q=	1.2385
5	296.1524K	34.1142G	44.6349m	0	39.7043G	Q=	0.6237
6	102.8161K	4.1118G	1.1639	0	183.5278Meg	Q=	0.6237

$F_{p2}/F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP4(et2)の Cb1\_1 の値」を参照して、10KHz に対応する推奨値を利用します。

Cb1\_1= 0.2u, Cb1\_2= 100p, Cb1\_3= 20n, Cb1\_4= 100p, Cb1\_5= 20n, Cb1\_6=100p を設定して V(out)を確認する。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\逆チェビシェフ\test\BP4\_6-

10KHz-30KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 15:21:55 2020

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 6.6667KHz Fs2 = 45.0000KHz atts = 43.71dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 17.2314 Cb\_1 (2 個) = 0.2000u R1\_1 = 8.6157 C1\_1  
= 0.4000u 誤差 = 7.0303 %

1 R2\_1 = 2.3019K C2\_1 = 82.0000n 誤差 = 4.2614 %

1 R3\_1 = 1.2866K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 1.0407 %

1 R4\_1 = 7.9226K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.5013 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 245.0014K Cb\_2 (2 個) = 0.1000n R1\_2 = 122.5007K C1\_2  
= 0.2000n 誤差 = 2.8869 %

2 R2\_2 = 560.0000K C2\_2 = 2.2823p 誤差 = 3.6068 %

2 R3\_2 = 1.4766K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.5842 %

2 R4\_2 = 8.0269K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 2.1562 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 134.2562 Cb\_3 (2 個) = 20.0000n R1\_3 = 67.1281 C1\_3  
= 40.0000n 誤差 = 4.2411 %

3 R2\_3 = 30.6901K C2\_3 = 20.0000n 誤差 = 2.2487 %

3 R3\_3 = 1.5105K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.6921 %

3 R4\_3 = 8.1427K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.7043 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 314.4523K Cb\_4 (2 個) = 0.1000n R1\_4 = 157.2261K C1\_4  
= 0.2000n 誤差 = 4.9230 %

4 R2\_4 = 300.0000K C2\_4 = 2.0573p 誤差 = 2.7859 %

4 R3\_4 = 1.7195K R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 4.6788 %

4 R4\_4 = 8.2542K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 0.6569 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 53.0138 Cb\_5 (2 個) = 20.0000n R1\_5 = 26.5069 C1\_5  
= 40.0000n 誤差 = 4.9132 %

5 R2\_5 = 1.4363K C2\_5 = 0.2700u 誤差 = 4.4317 %

5 R3\_5 = 45.7043K R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.8349 %

5 R4\_5 = 2.2436K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.9430 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 796.3434K Cb\_6 (2 個) = 0.1000n R1\_6 = 398.1717K C1\_6  
= 0.2000n 誤差 = 3.6106 %

6 R2\_6 = 62.0000K C2\_6 = 1.1760p 誤差 = 2.0381 %

6 R3\_6 = 43.3294K R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 0.7602 %

6 R4\_6 = 2.2337K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 1.5105 %

## バンドパスフィルタ

## BP3\_6-100KHz - 300KHz.asc

バンドパス・逆チェビシェフ 6 次フィルタ 100KHz - 300KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1}$  : ( $F_{s1} = F_{p1}/x_s$ )  KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2}$  : ( $F_{s2} = F_{p2} \cdot x_s$ )  KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $att_p$   dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として,  $x_s = F_{p1}/F_{s1}$   倍

遮断特性 Inv. Cheb

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

 $F_{p1} = 100.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 300.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 66.6667\text{KHz}$   $F_{s2} = 450.0000\text{KHz}$   $atts = 43.71\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$P_{n\_2} \cdot s^2 + P_{n\_3} \cdot s + P_{n\_4}$$

 $H_n = \text{-----}$ 

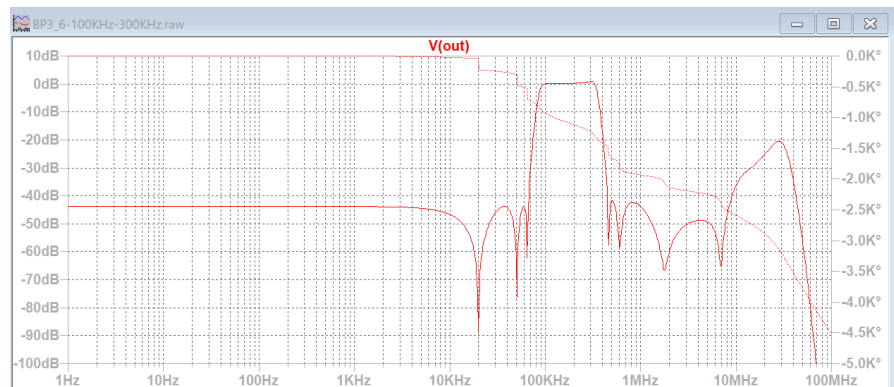
$$s^2 + P_{n\_0} \cdot s + P_{n\_1}$$

2 次式

n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	510.7072K	4.6955T	0.4913	0	4.1368T	Q= 4.2430
2	128.8165K	298.7312G	0.8810	0	146.7712G	Q= 4.2430
3	1.7436Meg	4.6637T	0.3124	0	4.3332T	Q= 1.2385
4	442.7970K	300.7659G	0.9291	0	93.9649G	Q= 1.2385
5	2.9615Meg	3.4114T	44.6349m	0	3.9704T	Q= 0.6237
6	1.0282Meg	411.1750G	1.1639	0	18.3528G	Q= 0.6237

$F_{p2} / F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP3(et1)の  $Cb1\_1$  の値」を参照して、100KHz に対応する推奨値を利用します。

$Cb1\_1 = 120\text{p}$ ,  $Cb1\_2 = 50\text{p}$ ,  $Cb1\_3 = 40\text{n}$ ,  $Cb1\_4 = 50\text{p}$ ,  $Cb1\_5 = 40\text{n}$ ,  $Cb1\_6 = 50\text{p}$  を設定して  $V(\text{out})$ を確認する。



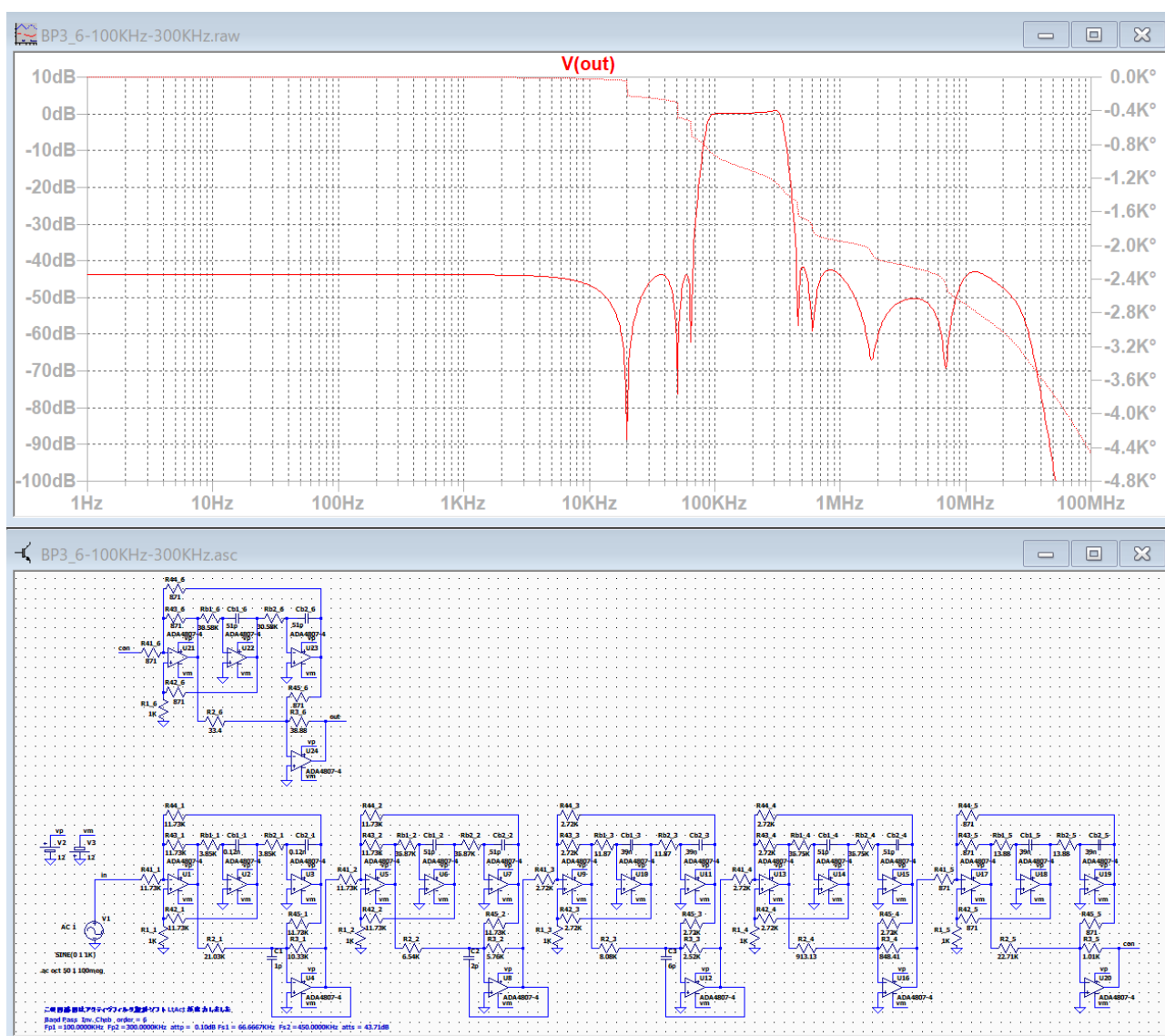
逆チェビシェフ

BP3\_6-100KHz - 300KHz.asc



## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



Cb1\_1= 120p は Cb1\_1= 120n の間違いでしたが、正常に動作しました。

素子値の許容範囲は思ったより緩やかなようです。

## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\逆チェビシェフ\test\BP3\_6-

100KHz-300KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 15:41:37 2020

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 66.6667KHz Fs2 =450.0000KHz atts = 43.71dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 3.8457K Cb\_1 (2 個) = 0.1200n 誤差 = 1.4114 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 21.0317K R3\_1 = 10.3332K R4\_1 (5 個) =

11.7289K 誤差 = 6.0777 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 35.8748K Cb\_2 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 0.3490 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 6.5409K R3\_2 = 5.7626K R4\_2 (5 個) =

11.7289K 誤差 = 5.3844 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 11.8732 Cb\_3 (2 個) = 39.0000n 誤差 = 1.0677 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 8.0762K R3\_3 = 2.5232K R4\_3 (5 個) =

2.7156K 誤差 = 5.1482 %

4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 35.7533K Cb\_4 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 0.6901 %

4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 913.1254 R3\_4 = 848.4097 R4\_4 (5 個) =

2.7156K 誤差 = 3.4148 %

5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 13.8825 Cb\_5 (2 個) = 39.0000n 誤差 = 6.3569 %

5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 22.7115K R3\_5 = 1.0137K R4\_5 (5 個) = 870.9991

誤差 = 5.6300 %

6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 30.5785K Cb\_6 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 1.8919 %

6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 33.4034 R3\_6 = 38.8770 R4\_6 (5 個) = 870.9991

誤差 = 4.6485 %

## バンドパスフィルタ

BP4\_6-100KHz - 300KHz.asc

バンドパス・逆チェビシェフ 6 次フィルタ 100KHz - 300KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$   KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2}/x_s)$   KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $att_p$   dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$   倍

遮断特性 Inv. Cheb

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

 $F_{p1} = 100.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 300.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 66.6667\text{KHz}$   $F_{s2} = 450.0000\text{KHz}$   $atts = 43.71\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}$$

 $H_n = \text{-----}$ 

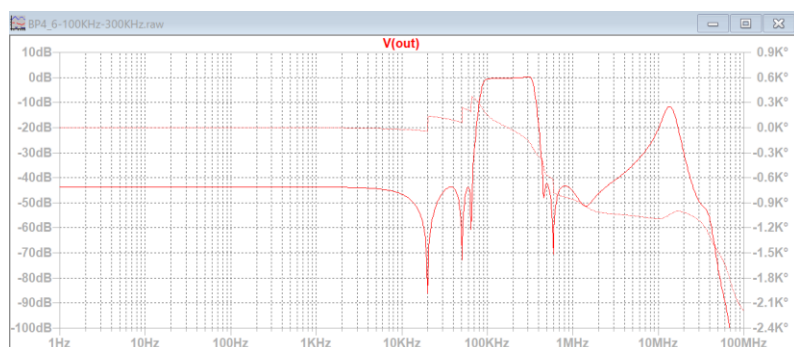
$$s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}$$

2 次式

n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	510.7072K	4.6955T	0.4913	0	4.1368T	Q= 4.2430
2	128.8165K	298.7312G	0.8810	0	146.7712G	Q= 4.2430
3	1.7436Meg	4.6637T	0.3124	0	4.3332T	Q= 1.2385
4	442.7970K	300.7659G	0.9291	0	93.9649G	Q= 1.2385
5	2.9615Meg	3.4114T	44.6349m	0	3.9704T	Q= 0.6237
6	1.0282Meg	411.1750G	1.1639	0	18.3528G	Q= 0.6237

$F_{p2} / F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP4(et2)の  $Cb1\_1$  の値」を参照して、100KHz に対応する推奨値を利用します。

$Cb1\_1 = 20\text{n}$ ,  $Cb1\_2 = 75\text{p}$ ,  $Cb1\_3 = 2\text{n}$ ,  $Cb1\_4 = 75\text{p}$ ,  $Cb1\_5 = 2\text{n}$ ,  $Cb1\_6 = 75\text{p}$  を設定して  $V(\text{out})$ を確認する。

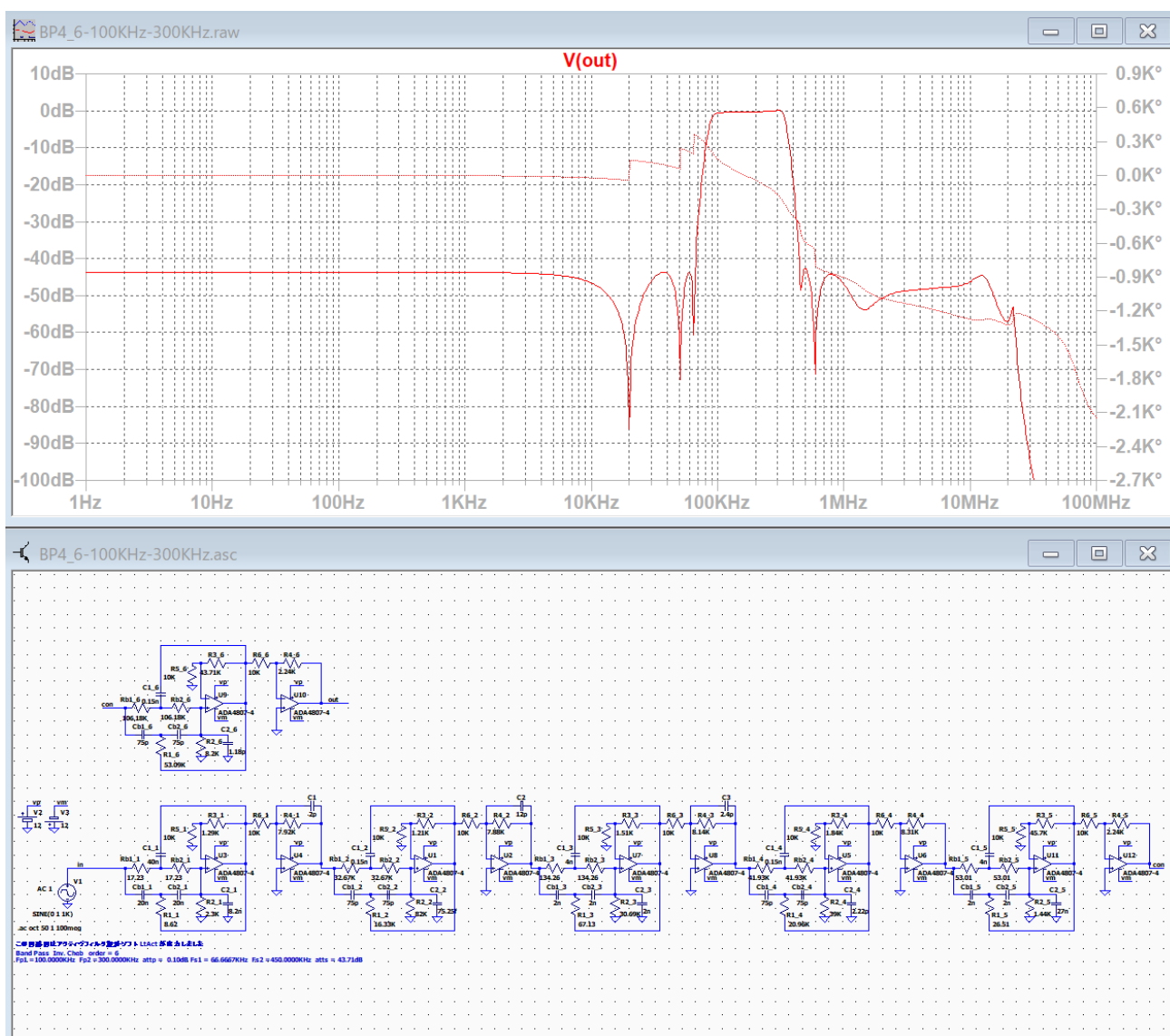


逆チェビシェフ

BP4\_6-100KHz - 300KHz.asc

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\逆チェビシェフ\test\BP4\_6-

100KHz-300KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 16:00:07 2020

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 66.6667KHz Fs2 =450.0000KHz atts = 43.71dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 17.2314 Cb\_1 (2 個) = 20.0000n R1\_1 = 8.6157 C1\_1  
= 40.0000n 誤差 = 7.0303 %

1 R2\_1 = 2.3019K C2\_1 = 8.2000n 誤差 = 4.2614 %

1 R3\_1 = 1.2866K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 1.0407 %

1 R4\_1 = 7.9226K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.5013 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 32.6668K Cb\_2 (2 個) = 75.0000p R1\_2 = 16.3334K C1\_2  
= 0.1500n 誤差 = 2.2819 %

2 R2\_2 = 82.0000K C2\_2 = 75.2546f 誤差 = 0.3383 %

2 R3\_2 = 1.2063K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 0.5230 %

2 R4\_2 = 7.8775K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 4.0945 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 134.2562 Cb\_3 (2 個) = 2.0000n R1\_3 = 67.1281 C1\_3  
= 4.0000n 誤差 = 4.2411 %

3 R2\_3 = 30.6901K C2\_3 = 2.0000n 誤差 = 2.2487 %

3 R3\_3 = 1.5105K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.6921 %

3 R4\_3 = 8.1427K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.7043 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 41.9270K Cb\_4 (2 個) = 75.0000p R1\_4 = 20.9635K C1\_4  
= 0.1500n 誤差 = 5.2605 %

4 R2\_4 = 39.0000K C2\_4 = 2.2208p 誤差 = 0.9353 %

4 R3\_4 = 1.8362K R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 1.9713 %

4 R4\_4 = 8.3148K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 1.3801 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 53.0138 Cb\_5 (2 個) = 2.0000n R1\_5 = 26.5069 C1\_5  
= 4.0000n 誤差 = 4.9132 %

5 R2\_5 = 1.4363K C2\_5 = 27.0000n 誤差 = 4.4317 %

5 R3\_5 = 45.7043K R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.8349 %

5 R4\_5 = 2.2436K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.9430 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 106.1791K Cb\_6 (2 個) = 75.0000p R1\_6 = 53.0896K C1\_6  
= 0.1500n 誤差 = 5.3330 %

6 R2\_6 = 8.2000K C2\_6 = 1.1824p 誤差 = 1.4902 %

6 R3\_6 = 43.7076K R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 1.6189 %

6 R4\_6 = 2.2354K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 1.5822 %

## バンドパスフィルタ

BP3\_6-600KHz - 1200KHz.asc

バンドパス・逆チェビシェフ 6 次フィルタ 600KHz - 1200KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$  600 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} \cdot x_s)$  1.2 Meg

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

遮断特性 Inv. Cheb

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

 $F_{p1} = 600.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 1.2000\text{MegHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 400.0000\text{KHz}$   $F_{s2} = 1.8000\text{MegHz}$   $atts = 55.36\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}$$

 $H_n = \text{-----}$ 

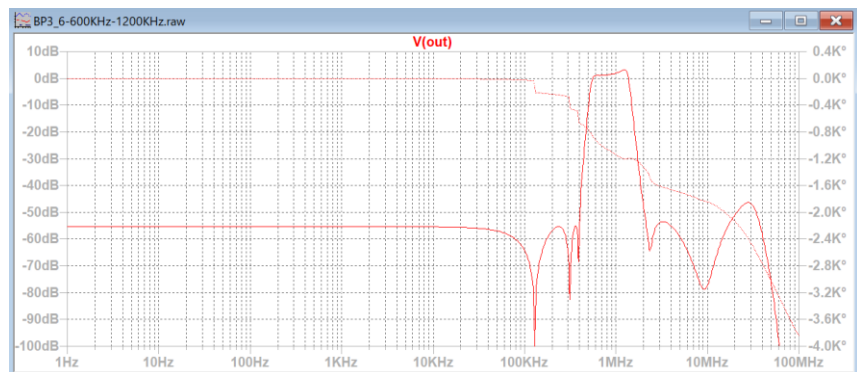
$$s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}$$

2 次式

n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	1.5340Meg	69.2361T	0.3952	0	52.8569T	Q= 5.4243
2	629.7684K	11.6695T	0.7634	0	4.6120T	Q= 5.4243
3	4.7368Meg	62.9972T	0.2388	0	49.6018T	Q= 1.6756
4	2.1373Meg	12.8252T	0.7874	0	3.0626T	Q= 1.6756
5	6.7028Meg	42.2095T	32.3808m	0	39.2226T	Q= 0.9693
6	4.5138Meg	19.1414T	0.9292	0	619.8159G	Q= 0.9693

$F_{p2} / F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP3(et1)の  $Cb1\_1$  の値」を参照して、1MHz に対応する推奨値を利用します。

$Cb1\_1 = 18\text{n}$ ,  $Cb1\_2 = 30\text{p}$ ,  $Cb1\_3 = 4\text{n}$ ,  $Cb1\_4 = 30\text{p}$ ,  $Cb1\_5 = 4\text{n}$ ,  $Cb1\_6 = 30\text{p}$  を設定して  $V(\text{out})$ を確認する。

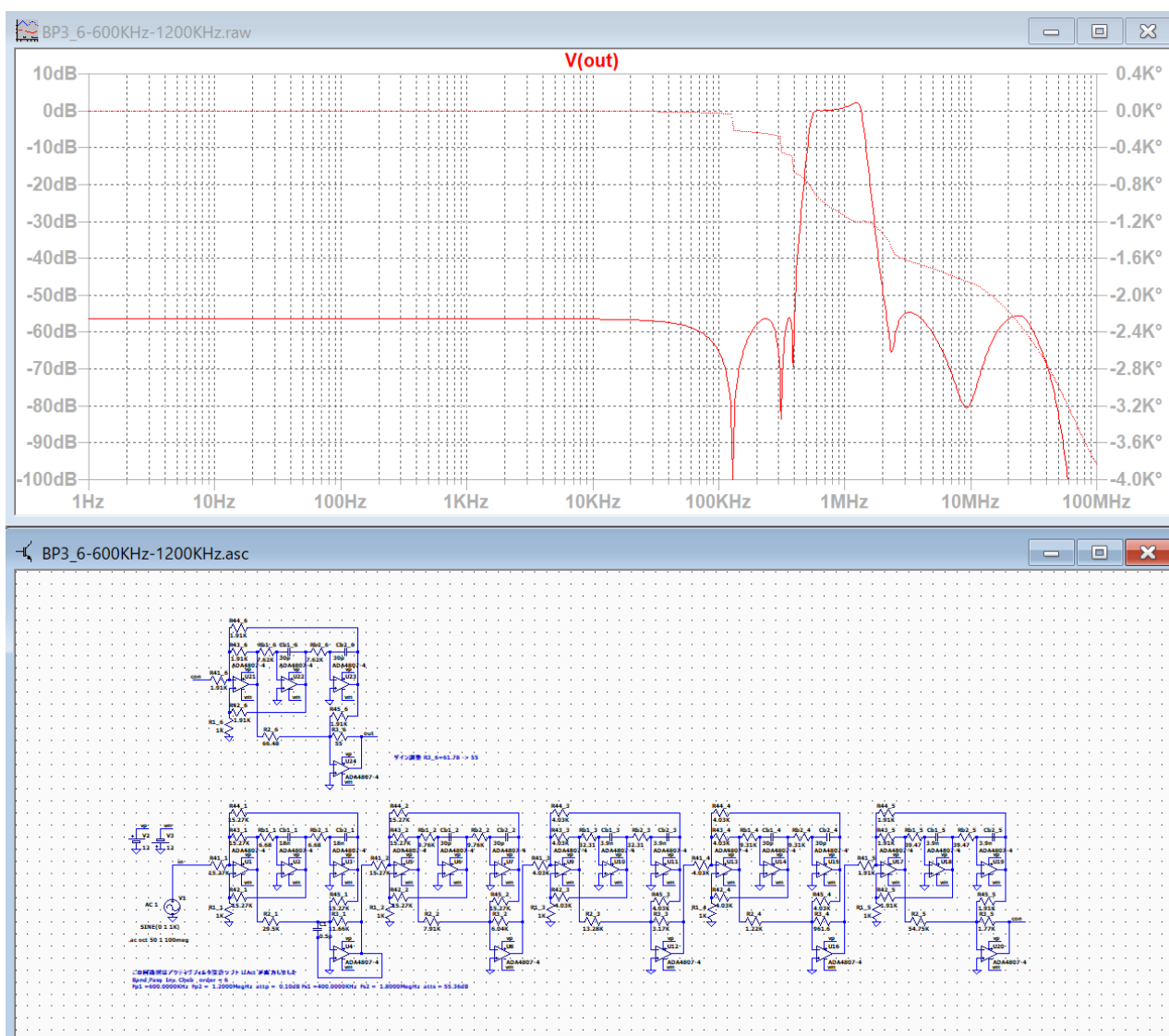


逆チェビシェフ

BP3\_6-600KHz - 1200KHz.asc

バンドパスフィルタ

完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\逆チェビシェフ\test\BP3\_6-

600KHz-1200KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 16:29:27 2020

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =400.0000KHz Fs2 = 1.8000MegHz atts = 55.36dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 6.6767 Cb\_1 (2 個) = 18.0000n 誤差 = 1.8469 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 29.5022K R3\_1 = 11.6598K R4\_1 (5 個) =

15.2729K 誤差 = 3.8148 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 9.7578K Cb\_2 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 2.4819 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 7.9066K R3\_2 = 6.0362K R4\_2 (5 個) =

15.2729K 誤差 = 4.9324 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 32.3054 Cb\_3 (2 個) = 3.9000n 誤差 = 2.1502 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 13.2774K R3\_3 = 3.1706K R4\_3 (5 個) =

4.0269K 誤差 = 5.5627 %

4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 9.3078K Cb\_4 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 2.2326 %

4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 1.2213K R3\_4 = 961.6041 R4\_4 (5 個) =

4.0269K 誤差 = 5.3766 %

5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 39.4667 Cb\_5 (2 個) = 3.9000n 誤差 = 1.1825 %

5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 54.7497K R3\_5 = 1.7728K R4\_5 (5 個) =

1.9078K 誤差 = 5.5584 %

6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 7.6189K Cb\_6 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 1.5604 %

6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 66.4819 R3\_6 = 61.7775 R4\_6 (5 個) =

1.9078K 誤差 = 5.3551 %



## バンドパスフィルタ

BP4\_6-600KHz - 1200KHz.asc

バンドパス・逆チェビシェフ 6 次フィルタ 600KHz - 1200KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

遮断特性 Inv. Cheb

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  6

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$  600 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} \cdot x_s)$  1.2 Meg

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリップル  $att_p$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

 $F_{p1} = 600.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 1.2000\text{MegHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 400.0000\text{KHz}$   $F_{s2} = 1.8000\text{MegHz}$   $atts = 55.36\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}$$

Hn = -----

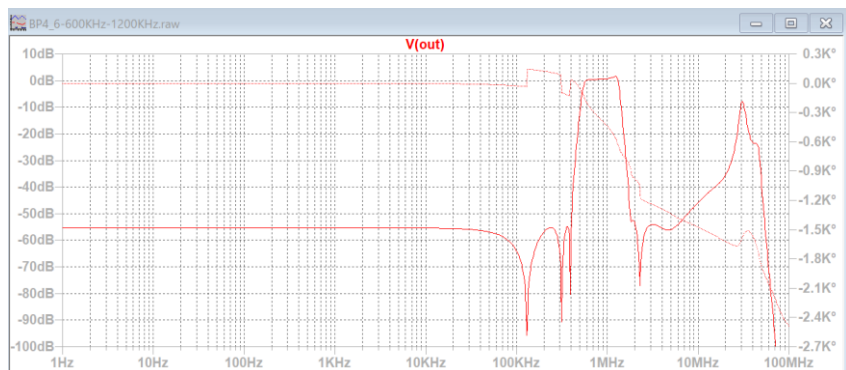
$$s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}$$

2 次式

n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	1.5340Meg	69.2361T	0.3952	0	52.8569T	Q= 5.4243
2	629.7684K	11.6695T	0.7634	0	4.6120T	Q= 5.4243
3	4.7368Meg	62.9972T	0.2388	0	49.6018T	Q= 1.6756
4	2.1373Meg	12.8252T	0.7874	0	3.0626T	Q= 1.6756
5	6.7028Meg	42.2095T	32.3808m	0	39.2226T	Q= 0.9693
6	4.5138Meg	19.1414T	0.9292	0	619.8159G	Q= 0.9693

$F_{p2} / F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP4(et2) の Cb1\_1 の値」を参照して、1MHz に対応する推奨値を利用します。

Cb1\_1= 2n, Cb1\_2= 0.2n, Cb1\_3= 0.2n, Cb1\_4= 0.2n, Cb1\_5= 0.2n, Cb1\_6=0.2n を設定して V(out)を確認する。

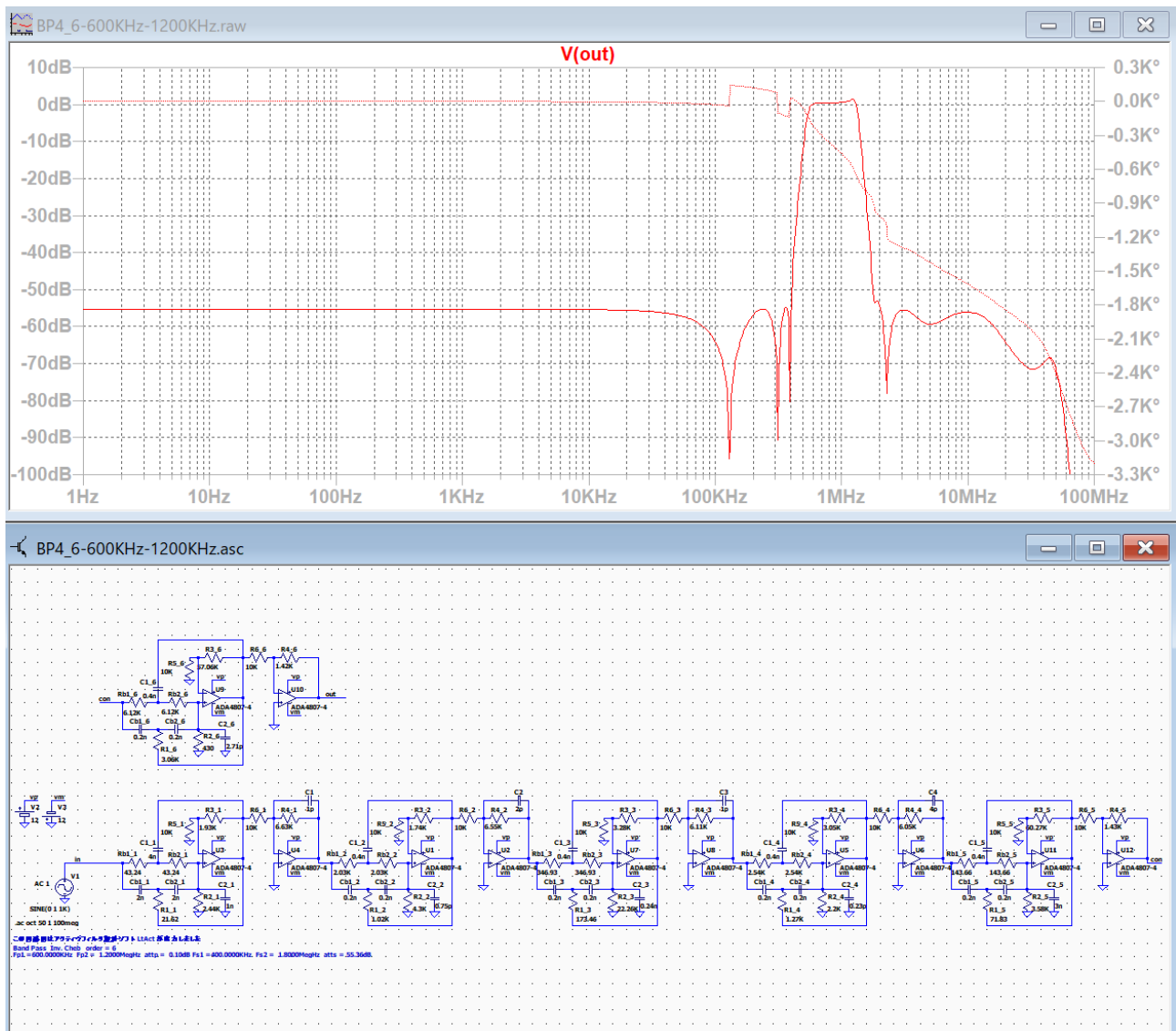


逆チェビシェフ

BP4\_6-600KHz - 1200KHz.asc

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\逆チェビシェフ\test\BP4\_6-

600KHz-1200KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 16:54:37 2020

アナログ Band Pass Inv. Cheb 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =400.0000KHz Fs2 = 1.8000MegHz atts = 55.36dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 43.2352 Cb\_1 (2 個) = 2.0000n R1\_1 = 21.6176 C1\_1  
= 4.0000n 誤差 = 3.1104 %

1 R2\_1 = 2.4443K C2\_1 = 1.0000n 誤差 = 1.8107 %

1 R3\_1 = 1.9252K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.8842 %

1 R4\_1 = 6.6283K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.5906 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 2.0343K Cb\_2 (2 個) = 0.2000n R1\_2 = 1.0171K C1\_2  
= 0.4000n 誤差 = 3.4537 %

2 R2\_2 = 4.3000K C2\_2 = 0.7512p 誤差 = 0.1650 %

2 R3\_2 = 1.7388K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 3.5170 %

2 R4\_2 = 6.5523K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 3.7802 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 346.9257 Cb\_3 (2 個) = 0.2000n R1\_3 = 173.4629 C1\_3  
= 0.4000n 誤差 = 5.8868 %

3 R2\_3 = 22.2551K C2\_3 = 0.2400n 誤差 = 1.1460 %

3 R3\_3 = 3.2843K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.4780 %

3 R4\_3 = 6.1118K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 1.4428 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 2.5352K Cb\_4 (2 個) = 0.2000n R1\_4 = 1.2676K C1\_4  
= 0.4000n 誤差 = 6.4204 %

4 R2\_4 = 2.2000K C2\_4 = 0.2281p 誤差 = 3.5396 %

4 R3\_4 = 3.0522K R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 1.7086 %

4 R4\_4 = 6.0462K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 2.5436 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 143.6632 Cb\_5 (2 個) = 0.2000n R1\_5 = 71.8316 C1\_5  
= 0.4000n 誤差 = 6.7202 %

5 R2\_5 = 3.5806K C2\_5 = 3.0000n 誤差 = 0.5424 %

5 R3\_5 = 60.2750K R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.8619 %

5 R4\_5 = 1.4284K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 5.0128 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 6.1221K Cb\_6 (2 個) = 0.2000n R1\_6 = 3.0611K C1\_6  
= 0.4000n 誤差 = 3.4420 %

6 R2\_6 = 430.0000 C2\_6 = 2.7105p 誤差 = 0.3862 %

6 R3\_6 = 57.0639K R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 1.8644 %

6 R4\_6 = 1.4232K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 5.3994 %

## バンドパスフィルタ

## 楕円関数

BP3\_6-0.01Hz-1Hz.asc

バンドパス・楕円関数 6 次フィルタ 0.01Hz - 1Hz

設計パラメータの入力

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 = 10.0000mHz Fp2 = 1.0000 Hz attp = 0.1000dB

Fs1 = 6.6667mHz Fs2 = 1.5000 Hz atts = 58.17dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

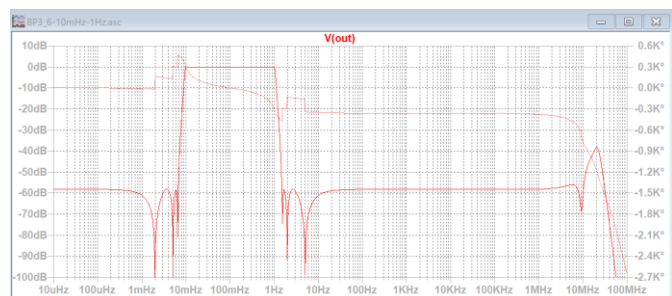
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	0.9965	43.2885	67.6378m	0	68.6662	Q= 6.6024
2	9.0881m	3.6004m	1.5862	0	0.2435m	Q= 6.6024
3	3.4152	31.3051	0.1473	0	22.7975	Q= 1.6383
4	43.0685m	4.9786m	0.7282	0	0.7335m	Q= 1.6383
5	5.8875	13.6531	0.1252	0	11.7041	Q= 0.6276
6	0.1702	11.4153m	0.8573	0	1.4287m	Q= 0.6276

チェビシェフ・バンドパスの BP2\_6-0.01Hz-7Hz.asc を参考にして、「まとめ BP3(et1)の Cb1\_1 の値」の 0.01Hz の素子値は 1KHz の値を 1000000 倍して利用します。1Hz の素子値は 1KHz の値を 1000 倍して利用します。

Cb1\_1=10m, Cb1\_2=1m, Cb1\_3=8.2m, Cb1\_4=1m, Cb1\_5=3m, Cb1\_6=1m に設定して V(out)を確認します。

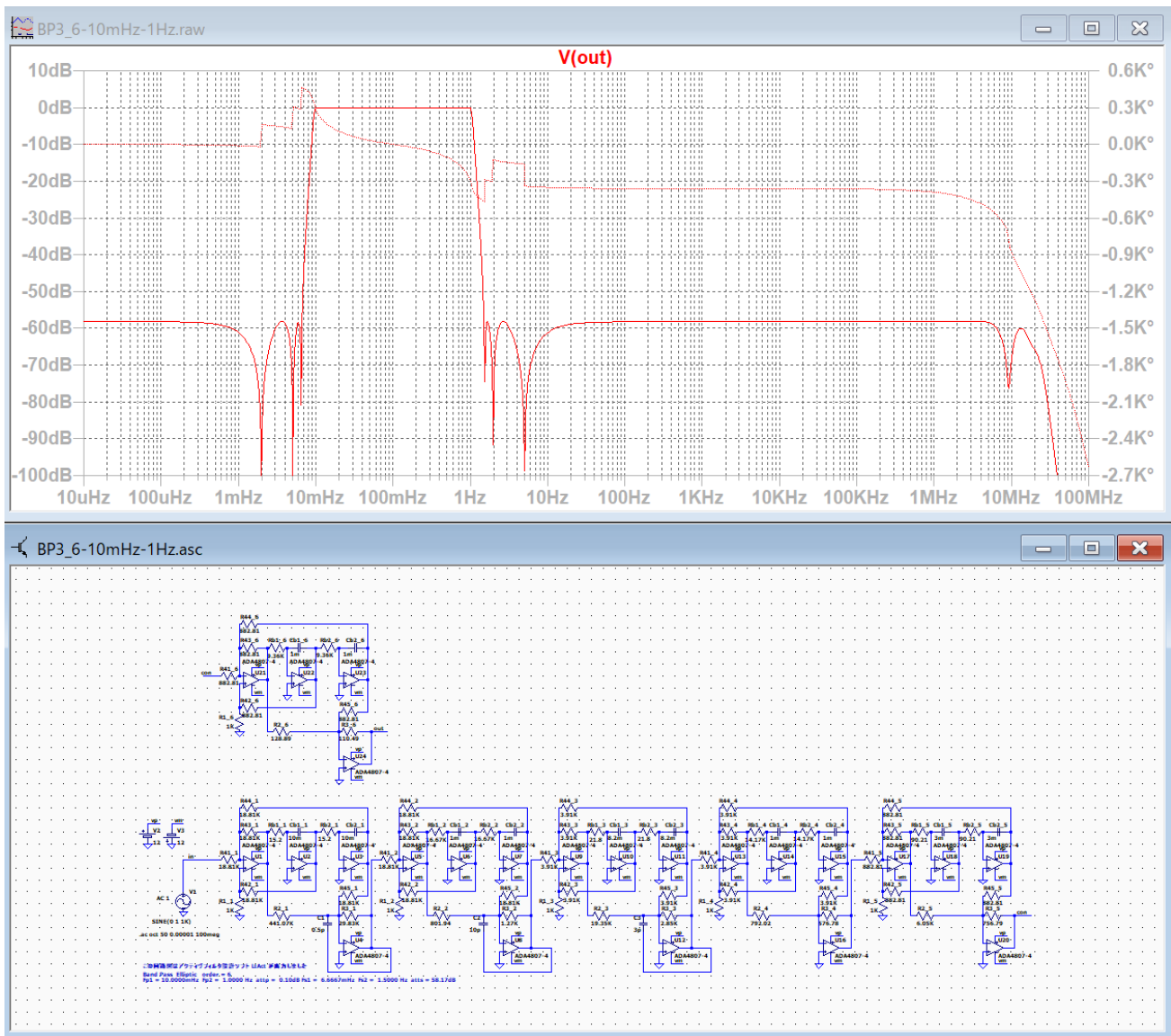


## 楕円関数

BP3\_6-0.01Hz-1Hz.asc

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\楕円関数\test\BP3\_6-10mHz-1Hz.asc 作成日時 Sat Nov 28 19:06:59 2020

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 = 10.0000mHz Fp2 = 1.0000 Hz attp = 0.1000dB

Fs1 = 6.6667mHz Fs2 = 1.5000 Hz atts = 58.17dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 15.1990 Cb\_1 (2 個) = 10.0000m 誤差 = 1.3090 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 441.0681K R3\_1 = 29.8329K R4\_1 (5 個) = 18.8072K  
誤差 = 5.0033 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 16.6658K Cb\_2 (2 個) = 1.0000m 誤差 = 3.9951 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 801.9431 R3\_2 = 1.2721K R4\_2 (5 個) = 18.8072K  
誤差 = 5.3206 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 21.7961 Cb\_3 (2 個) = 8.2000m 誤差 = 0.9355 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 19.3511K R3\_3 = 2.8510K R4\_3 (5 個) = 3.9149K  
誤差 = 6.2223 %

4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 14.1725K Cb\_4 (2 個) = 1.0000m 誤差 = 5.8385 %

4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 792.0188 R3\_4 = 576.7770 R4\_4 (5 個) = 3.9149K  
誤差 = 4.5921 %

5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 90.2118 Cb\_5 (2 個) = 3.0000m 誤差 = 0.8737 %

5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 6.0467K R3\_5 = 756.7863 R4\_5 (5 個) = 882.8060  
誤差 = 4.0887 %

6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 9.3596K Cb\_6 (2 個) = 1.0000m 誤差 = 2.7733 %

6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 128.8872 R3\_6 = 110.4886 R4\_6 (5 個) = 882.8060  
誤差 = 3.2296 %

## バンドパスフィルタ

BP3\_6-0.01Hz-20Hz.asc

バンドパス・楕円関数 6 次フィルタ 0.01Hz - 20Hz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1}$  : ( $F_{s1} = F_{p1}/x_s$ ) 10 mHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2}$  : ( $F_{s2} = F_{p2} \cdot x_s$ ) 20 Hz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

遮断特性 Elliptic

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

 $F_{p1} = 10.0000\text{mHz}$   $F_{p2} = 20.0000\text{ Hz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 6.6667\text{mHz}$   $F_{s2} = 30.0000\text{ Hz}$   $atts = 57.79\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

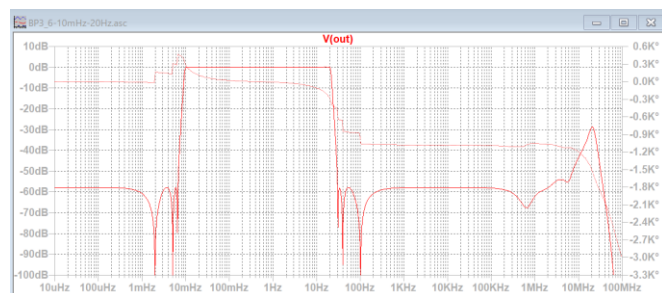
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	20.1892	17.3418K	68.0377m	0	27.7430K	Q= 6.5227
2	9.1921m	3.5949m	1.5998	0	0.2446m	Q= 6.5227
3	69.6439	12.5371K	0.1483	0	9.1987K	Q= 1.6077
4	43.8608m	4.9726m	0.7337	0	0.7377m	Q= 1.6077
5	122.3626	5.6775K	0.1285	0	4.8084K	Q= 0.6158
6	0.1702	10.9806m	0.8469	0	1.4112m	Q= 0.6158

楕円関数・バンドパスの BP3\_6-0.01Hz-1Hz.asc を参考にして、「まとめ BP3(et1)の Cb1\_1 の値」の 0.01Hz の素子値は 1KHz の値を 1000000 倍して利用します。20Hz の素子値は 1KHz の値を 1000 倍して利用します。

Cb1\_1=10m, Cb1\_2=1m, Cb1\_3=8.2m, Cb1\_4=1m, Cb1\_5=3m, Cb1\_6=1m に設定して V(out)を確認します。(BP3\_6-0.01Hz-1Hz.asc の設定と同じです)

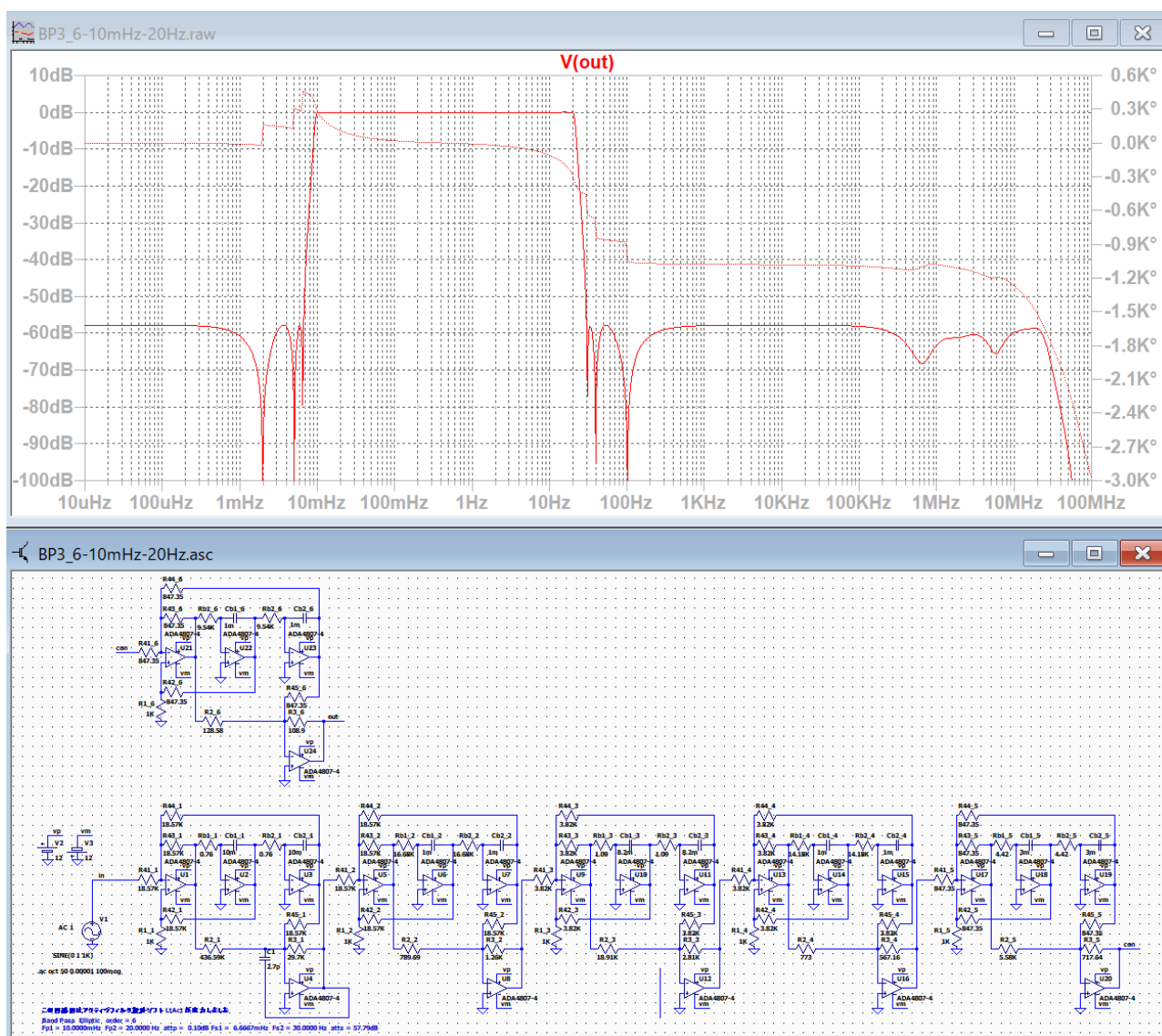


楕円関数

BP3\_6-0.01Hz-20Hz.asc

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図





## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\楕円関数\test\BP3\_6-10mHz-

20Hz.asc 作成日時 Sat Nov 28 19:31:29 2020

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 = 10.0000mHz Fp2 = 20.0000 Hz attp = 0.1000dB

Fs1 = 6.6667mHz Fs2 = 30.0000 Hz atts = 57.79dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 0.7594 Cb\_1 (2 個) = 10.0000m 誤差 = 1.2338 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 436.5930K R3\_1 = 29.7048K R4\_1 (5 個) =

18.5681K 誤差 = 3.5536 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 16.6785K Cb\_2 (2 個) = 1.0000m 誤差 = 4.0682 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 789.6912 R3\_2 = 1.2633K R4\_2 (5 個) =

18.5681K 誤差 = 5.7023 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 1.0892 Cb\_3 (2 個) = 8.2000m 誤差 = 0.9961 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 18.9094K R3\_3 = 2.8052K R4\_3 (5 個) =

3.8232K 誤差 = 6.4199 %

4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 14.1810K Cb\_4 (2 個) = 1.0000m 誤差 = 5.7750 %

4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 773.0006 R3\_4 = 567.1642 R4\_4 (5 個) =

3.8232K 誤差 = 3.8056 %

5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 4.4239 Cb\_5 (2 個) = 3.0000m 誤差 = 2.7998 %

5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 5.5840K R3\_5 = 717.6432 R4\_5 (5 個) = 847.3542

誤差 = 5.5527 %

6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 9.5431K Cb\_6 (2 個) = 1.0000m 誤差 = 4.6428 %

6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 128.5840 R3\_6 = 108.9007 R4\_6 (5 個) = 847.3542

誤差 = 3.5571 %

## バンドパスフィルタ

## BP3\_6-20Hz-16KHz.asc

バンドパス・楕円関数 6 次フィルタ 20Hz - 16KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ 遮断特性 Elliptic

設計するフィルタの次数  $m(≤58)$  6

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$  20 Hz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} \cdot x_s)$  16 KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $att_p$  0.1 dB OK

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍 キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

 $F_{p1} = 20.0000 \text{ Hz}$   $F_{p2} = 16.0000 \text{ KHz}$   $att_p = 0.1000 \text{ dB}$  $F_{s1} = 13.3333 \text{ Hz}$   $F_{s2} = 24.0000 \text{ KHz}$   $atts = 57.82 \text{ dB}$ 

2 次式の形式

$$H_n = \frac{P_{n\_2} \cdot s^2 + P_{n\_3} \cdot s + P_{n\_4}}{s^2 + P_{n\_0} \cdot s + P_{n\_1}}$$

2 次式

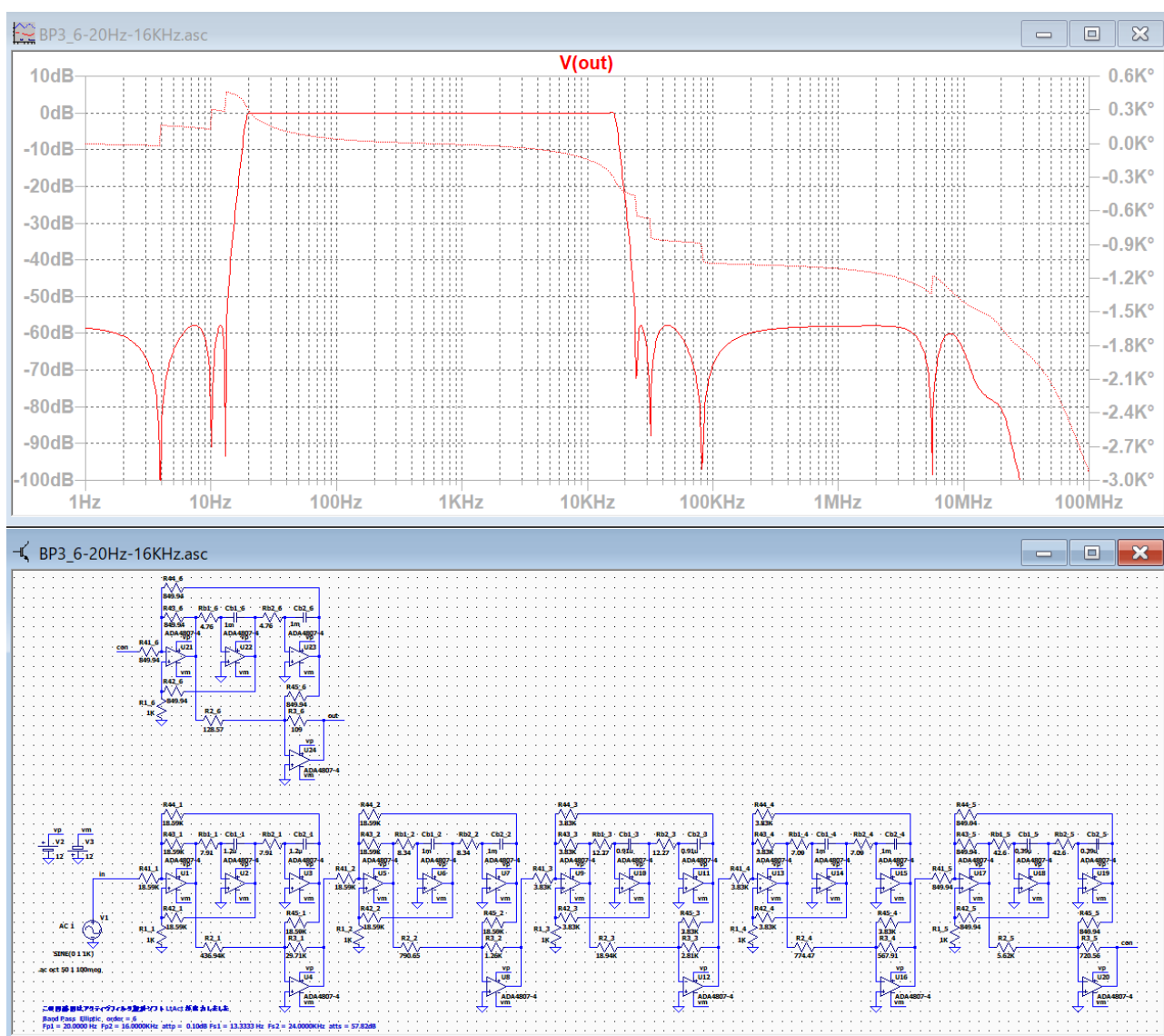
n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	16.1350K	11.0974G	68.0061m	0	17.7415G	Q= 6.5289
2	18.3678	14.3813K	1.5987	0	978.0159	Q= 6.5289
3	55.6297K	8.0229G	0.1483	0	5.8831G	Q= 1.6101
4	87.5963	19.8925K	0.7333	0	2.9494K	Q= 1.6101
5	97.5986K	3.6221G	0.1282	0	3.0707G	Q= 0.6166
6	340.4019	44.0614K	0.8478	0	5.6506K	Q= 0.6166

楕円関数・バンドパスの BP3\_6-0.01Hz-1Hz.asc を参考にして、「まとめ BP3(et1)の Cb1\_1 の値」の 20Hz の素子値は 1KHz の値を 1000 倍して利用します。16KHz の素子値は 10KHz の値を利用します。

Cb1\_1=1.2u, Cb1\_2=1m, Cb1\_3=0.9u, Cb1\_4=1m, Cb1\_5=0.4u, Cb1\_6=1m に設定して V(out)を確認します。

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



Cb1\_2= Cb1\_4= Cb1\_6=1u の間違い！

低周波数側のコンデンサは桁違いに大きくても正常に動作するようだ。

しかも、遮断域にオーバーシュートが発生しなかった！

## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\楕円関数\test\BP3\_6-20Hz-

16KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 19:48:58 2020

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 = 20.0000 Hz Fp2 = 16.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 13.3333 Hz Fs2 = 24.0000KHz atts = 57.82dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 7.9106 Cb\_1 (2 個) = 1.2000u 誤差 = 3.6587 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 436.9444K R3\_1 = 29.7149K R4\_1 (5 個) =

18.5868K 誤差 = 3.6624 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 8.3388 Cb\_2 (2 個) = 1.0000m 誤差 = 1.6640 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 790.6472 R3\_2 = 1.2640K R4\_2 (5 個) =

18.5868K 誤差 = 5.6439 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 12.2686 Cb\_3 (2 個) = 0.9100u 誤差 = 2.1890 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 18.9441K R3\_3 = 2.8088K R4\_3 (5 個) =

3.8304K 誤差 = 6.5677 %

4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 7.0901 Cb\_4 (2 個) = 1.0000m 誤差 = 4.0923 %

4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 774.4745 R3\_4 = 567.9140 R4\_4 (5 個) =

3.8304K 誤差 = 3.9030 %

5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 42.6044 Cb\_5 (2 個) = 0.3900u 誤差 = 0.9285 %

5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 5.6187K R3\_5 = 720.5614 R4\_5 (5 個) = 849.9427

誤差 = 5.4049 %

6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 4.7640 Cb\_6 (2 個) = 1.0000m 誤差 = 1.3433 %

6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 128.5715 R3\_6 = 108.9999 R4\_6 (5 個) = 849.9427

誤差 = 3.8062 %

## バンドパスフィルタ

BP3\_10-20Hz-100KHz.asc

バンドパス・楕円関数 10 次フィルタ 20Hz - 100KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$

遮断特性 Elliptic

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1}$  : ( $F_{s1} = F_{p1}/X_s$ )  Hz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2}$  : ( $F_{s2} = F_{p2}/X_s$ )  KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $attp$   dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $X_s = F_{p1}/F_{s1}$   倍

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

 $F_{p1} = 20.0000 \text{ Hz}$   $F_{p2} = 100.0000 \text{ KHz}$   $attp = 0.1000 \text{ dB}$  $F_{s1} = 13.3333 \text{ Hz}$   $F_{s2} = 150.0000 \text{ KHz}$   $atts = 57.78 \text{ dB}$ 

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

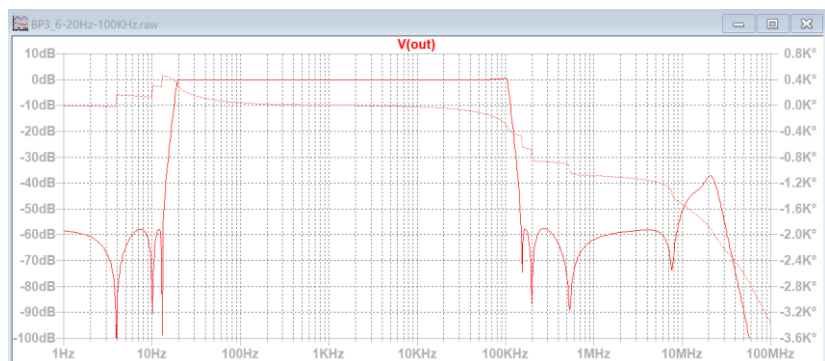
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	100.9873K	433.5661G	68.0503m	0	693.7941G	Q= 6.5202
2	18.3908	14.3788K	1.6002	0	978.4856	Q= 6.5202
3	348.4330K	313.4403G	0.1484	0	230.0303G	Q= 1.6068
4	87.7716	19.8895K	0.7339	0	2.9512K	Q= 1.6068
5	612.5415K	142.1171G	0.1286	0	120.3134G	Q= 0.6154
6	340.3132	43.8665K	0.8466	0	5.6425K	Q= 0.6154

20Hz の素子値は 1KHz の値を 100 倍して利用します。

Cb1\_1=120n, Cb1\_2=0.1u, Cb1\_3=90n, Cb1\_4=0.1u, Cb1\_5=40n, Cb1\_6=0.1u に設定して V(out)を確認します。

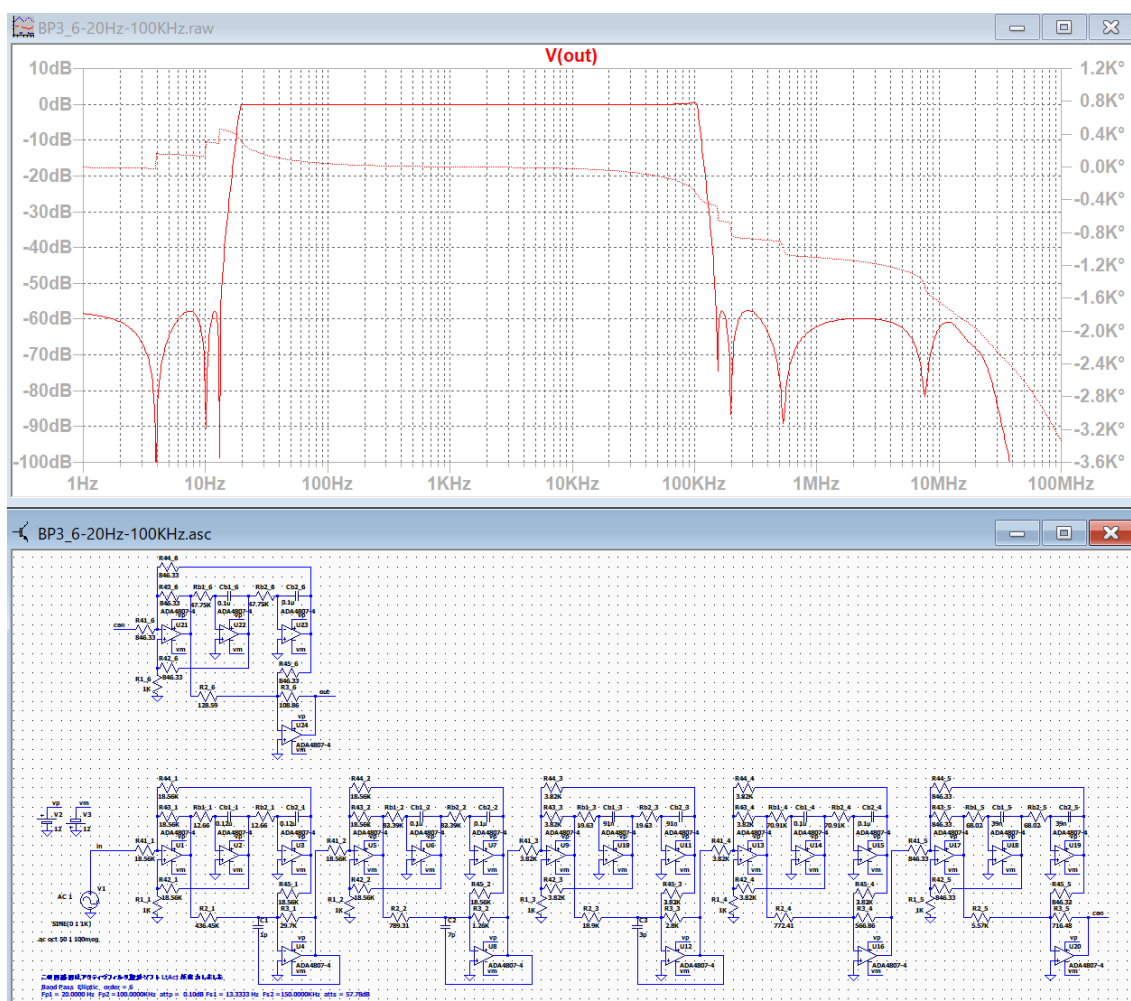


楕円関数

BP3\_10-20Hz-100KHz.asc

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\楕円関数\test\BP3\_6-20Hz-

100KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 19:59:14 2020

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 = 20.0000 Hz Fp2 = 100.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 13.3333 Hz Fs2 = 150.0000KHz atts = 57.78dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 12.6558 Cb\_1 (2 個) = 0.1200u 誤差 = 2.7194 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 436.4526K R3\_1 = 29.7007K R4\_1 (5 個) =  
18.5606K 誤差 = 3.5105 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 83.3946K Cb\_2 (2 個) = 0.1000u 誤差 = 1.6723 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 789.3093 R3\_2 = 1.2631K R4\_2 (5 個) =  
18.5606K 誤差 = 5.7269 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 19.6282 Cb\_3 (2 個) = 91.0000n 誤差 = 1.8940 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 18.8955K R3\_3 = 2.8037K R4\_3 (5 個) =  
3.8204K 誤差 = 6.3634 %

4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 70.9068K Cb\_4 (2 個) = 0.1000u 誤差 = 4.0994 %

4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 772.4123 R3\_4 = 566.8648 R4\_4 (5 個) =  
3.8204K 誤差 = 3.7725 %

5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 68.0162 Cb\_5 (2 個) = 39.0000n 誤差 = 0.0238 %

5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 5.5702K R3\_5 = 716.4839 R4\_5 (5 個) = 846.3284  
誤差 = 5.6433 %

6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 47.7456K Cb\_6 (2 個) = 0.1000u 誤差 = 1.5616 %

6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 128.5907 R3\_6 = 108.8622 R4\_6 (5 個) = 846.3284  
誤差 = 3.4600 %

## バンドパスフィルタ

BP3\_6-10KHz-30KHz.asc

バンドパス・楕円関数 6 次フィルタ 10KHz - 30KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(≤58)$  6

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$  10 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} \cdot x_s)$  30 KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $att_p$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

遮断特性 Elliptic

OK Cancel

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

 $F_{p1} = 10.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 30.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 6.6667\text{KHz}$   $F_{s2} = 45.0000\text{KHz}$   $atts = 73.77\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$P_{n\_2} \cdot s^2 + P_{n\_3} \cdot s + P_{n\_4}$$

 $H_n = \text{-----}$ 

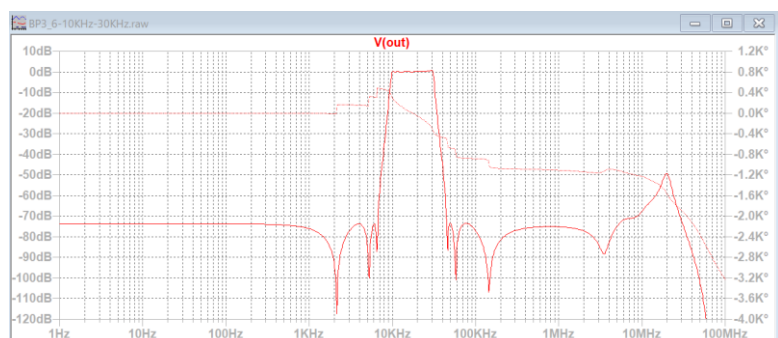
$$s^2 + P_{n\_0} \cdot s + P_{n\_1}$$

2 次式

n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	18.1195K	37.3882G	53.4114m	0	41.2712G	Q= 10.6714
2	5.7397K	3.7517G	1.1039	0	200.3830Meg	Q= 10.6714
3	52.9660K	29.6954G	0.1160	0	15.0929G	Q= 3.2535
4	21.1246K	4.7236G	0.5083	0	547.9423Meg	Q= 3.2535
5	68.6413K	17.2806G	0.1104	0	9.2270G	Q= 1.9151
6	47.0445K	8.1172G	0.5340	0	896.2898Meg	Q= 1.9151

$F_{p2} / F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP3(et1)の  $C_{b1\_1}$  の値」を参照して、10KHz に対応する推奨値を利用します。

$C_{b1\_1} = 1.2\mu$ ,  $C_{b1\_2} = 100p$ ,  $C_{b1\_3} = 0.9\mu$ ,  $C_{b1\_4} = 100p$ ,  $C_{b1\_5} = 0.4\mu$ ,  $C_{b1\_6} = 100p$  を設定して  $V(out)$ を確認する。



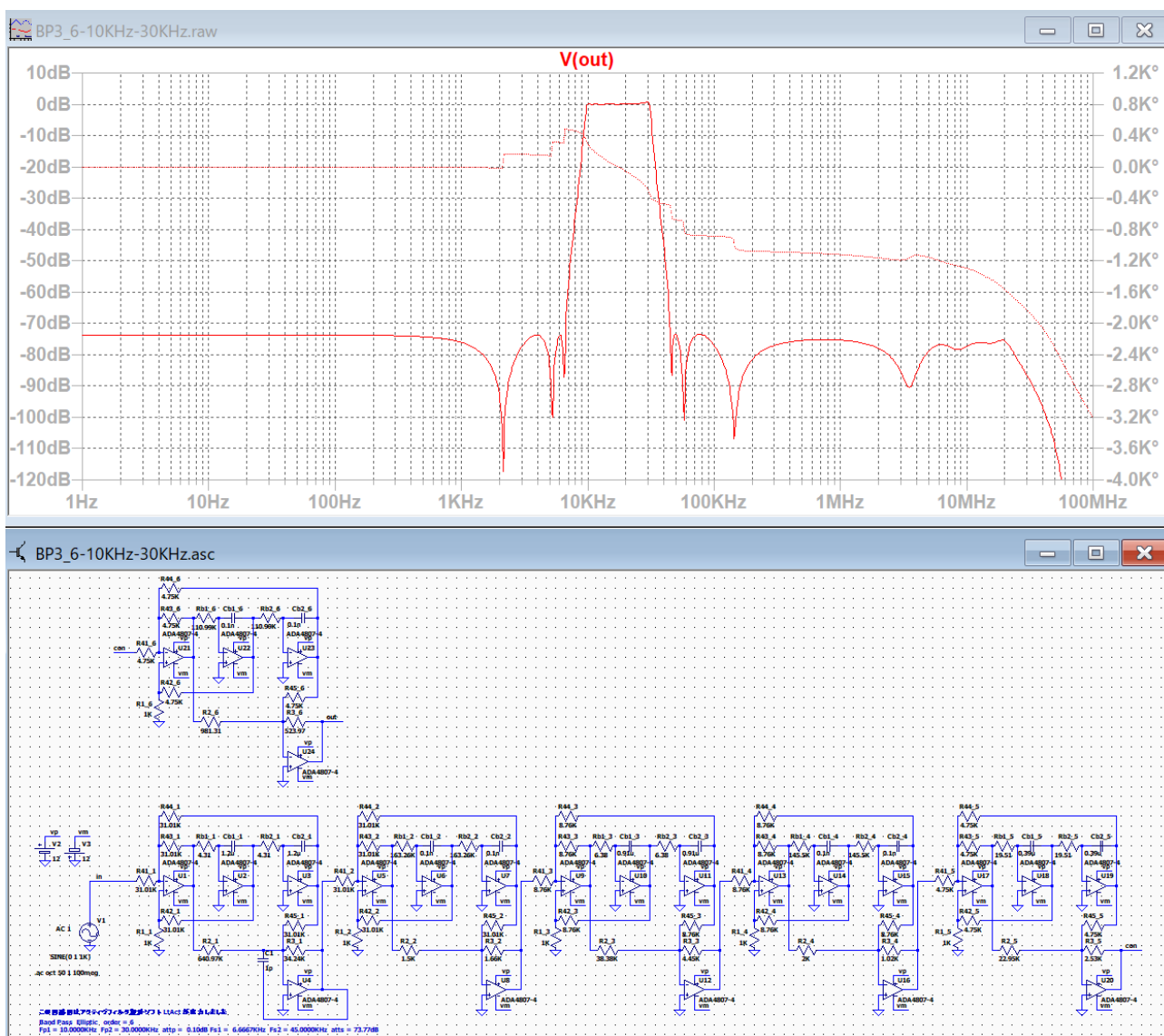
楕円関数

BP3\_6-10KHz-30KHz.asc



バンドパスフィルタ

完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\楕円関数\test\BP3\_6-10KHz-

30KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 20:23:48 2020

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 6.6667KHz Fs2 = 45.0000KHz atts = 73.77dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 4.3097 Cb\_1 (2 個) = 1.2000u 誤差 = 0.2261 %  
 1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 640.9737K R3\_1 = 34.2353K R4\_1 (5 個) =  
 31.0142K 誤差 = 5.8669 %  
 2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 163.2625K Cb\_2 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 1.9983 %  
 2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 1.5007K R3\_2 = 1.6565K R4\_2 (5 個) =  
 31.0142K 誤差 = 4.7260 %  
 3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 6.3770 Cb\_3 (2 個) = 0.9100u 誤差 = 2.7750 %  
 3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 38.3837K R3\_3 = 4.4526K R4\_3 (5 個) =  
 8.7604K 誤差 = 5.4168 %  
 4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 145.5003K Cb\_4 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 3.0926 %  
 4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 1.9994K R3\_4 = 1.0162K R4\_4 (5 個) =  
 8.7604K 誤差 = 4.1921 %  
 5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 19.5055 Cb\_5 (2 個) = 0.3900u 誤差 = 2.5353 %  
 5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 22.9469K R3\_5 = 2.5338K R4\_5 (5 個) =  
 4.7453K 誤差 = 6.7687 %  
 6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 110.9936K Cb\_6 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 0.8952 %  
 6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 981.3149 R3\_6 = 523.9749 R4\_6 (5 個) =  
 4.7453K 誤差 = 3.4134 %

## バンドパスフィルタ

BP4\_6-10KHz-30KHz.asc

バンドパス・楕円関数 6 次フィルタ 10KHz - 30KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1}$  : ( $F_{s1} = F_{p1}/x_s$ ) 10 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2}$  : ( $F_{s2} = F_{p2} \cdot x_s$ ) 30 KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

遮断特性 Elliptic

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

 $F_{p1} = 10.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 30.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 6.6667\text{KHz}$   $F_{s2} = 45.0000\text{KHz}$   $atts = 73.77\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

 $H_n = \text{-----}$ 

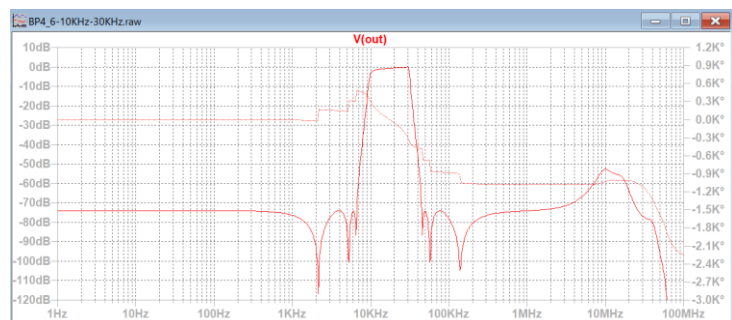
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	18.1195K	37.3882G	53.4114m	0	41.2712G	Q= 10.6714
2	5.7397K	3.7517G	1.1039	0	200.3830Meg	Q= 10.6714
3	52.9660K	29.6954G	0.1160	0	15.0929G	Q= 3.2535
4	21.1246K	4.7236G	0.5083	0	547.9423Meg	Q= 3.2535
5	68.6413K	17.2806G	0.1104	0	9.2270G	Q= 1.9151
6	47.0445K	8.1172G	0.5340	0	896.2898Meg	Q= 1.9151

$F_{p2} / F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP4(et2)の Cb1\_1 の値」を参照して、10KHz に対応する推奨値を利用します。

Cb1\_1= 20n, Cb1\_2= 75p, Cb1\_3= 10n, Cb1\_4= 75p, Cb1\_5= 2n, Cb1\_6=75p を設定して V(out)を確認する。

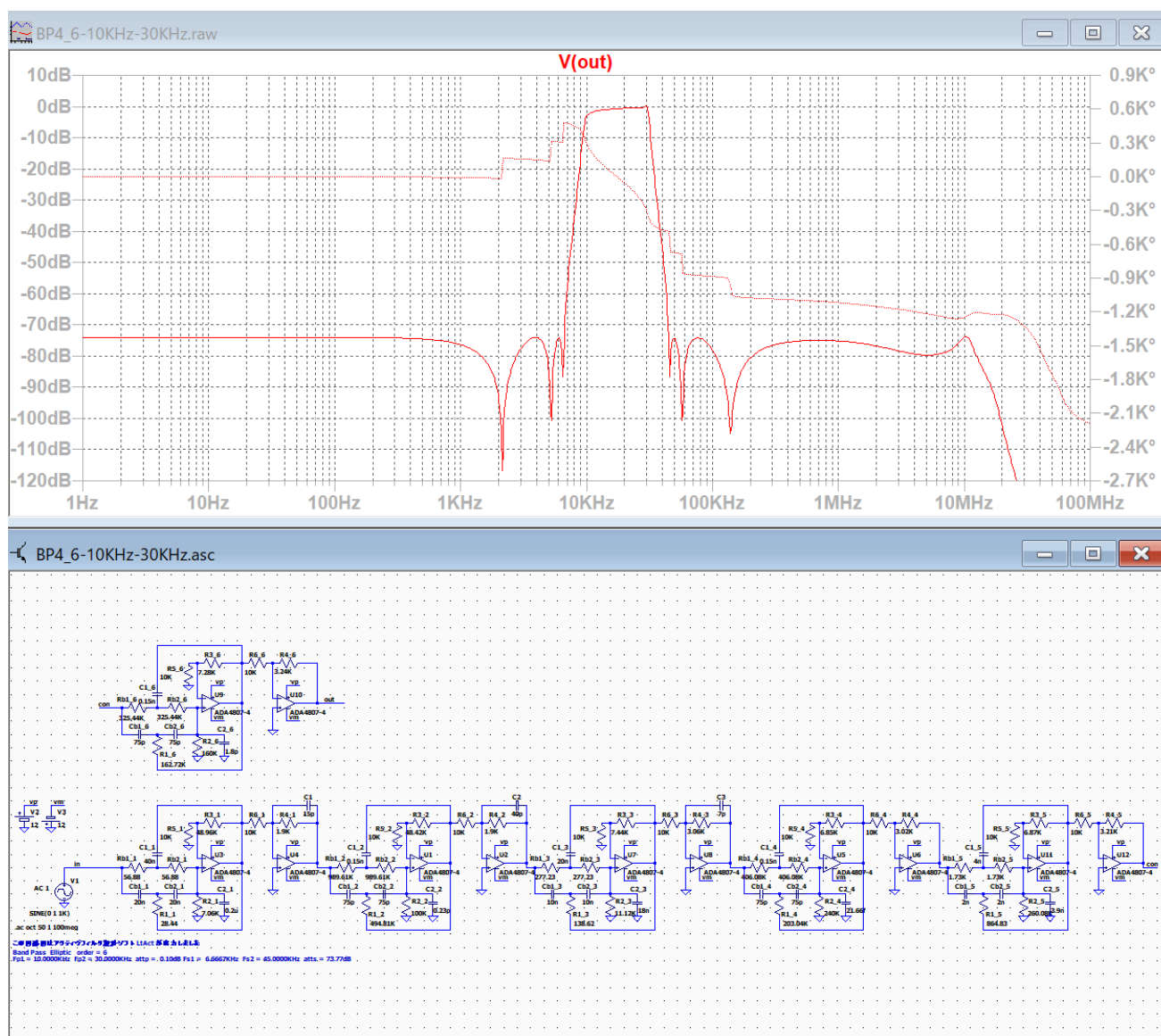


楕円関数

BP4\_6-10KHz-30KHz.asc

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\楕円関数\test\BP4\_6-10KHz-

30KHz.asc 作成日時 Sat Nov 28 20:40:56 2020

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 6.6667KHz Fs2 = 45.0000KHz atts = 73.77dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 56.8805 Cb\_1 (2 個) = 20.0000n R1\_1 = 28.4402 C1\_1  
= 40.0000n 誤差 = 5.8558 %

1 R2\_1 = 7.0621K C2\_1 = 0.2000u 誤差 = 3.7108 %

1 R3\_1 = 48.9581K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.9995 %

1 R4\_1 = 1.9024K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 5.1285 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 989.6113K Cb\_2 (2 個) = 75.0000p R1\_2 = 494.8057K C1\_2  
= 0.1500n 誤差 = 3.2452 %

2 R2\_2 = 100.0000K C2\_2 = 0.2271p 誤差 = 3.1170 %

2 R3\_2 = 48.4242K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 2.9412 %

2 R4\_2 = 1.9008K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 5.2176 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 277.2327 Cb\_3 (2 個) = 10.0000n R1\_3 = 138.6164 C1\_3  
= 20.0000n 誤差 = 6.7413 %

3 R2\_3 = 11.1175K C2\_3 = 18.0000n 誤差 = 1.0572 %

3 R3\_3 = 7.4360K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.8602 %

3 R4\_3 = 3.0604K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 1.9724 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 406.0815K Cb\_4 (2 個) = 75.0000p R1\_4 = 203.0408K C1\_4  
= 0.1500n 誤差 = 4.2339 %

4 R2\_4 = 240.0000K C2\_4 = 21.6575f 誤差 = 1.5813 %

4 R3\_4 = 6.8521K R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 0.7606 %

4 R4\_4 = 3.0177K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 0.5875 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 1.7297K Cb\_5 (2 個) = 2.0000n R1\_5 = 864.8329 C1\_5  
= 4.0000n 誤差 = 7.0469 %

5 R2\_5 = 260.0848K C2\_5 = 3.9000n 誤差 = 3.8123 %

5 R3\_5 = 6.8745K R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.0830 %

5 R4\_5 = 3.2063K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.9208 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 325.4360K Cb\_6 (2 個) = 75.0000p R1\_6 = 162.7180K C1\_6  
= 0.1500n 誤差 = 2.1810 %

6 R2\_6 = 160.0000K C2\_6 = 1.8012p 誤差 = 0.0669 %

6 R3\_6 = 7.2815K R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 3.0014 %

6 R4\_6 = 3.2381K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 1.9102 %

## バンドパスフィルタ

BP3\_6-100KHz-300KHz.asc

バンドパス・楕円関数 6 次フィルタ 100KHz - 300KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(≤58)$  6

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$  100 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} \cdot x_s)$  300 KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

遮断特性 Elliptic

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

 $F_{p1} = 100.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 300.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 66.6667\text{KHz}$   $F_{s2} = 450.0000\text{KHz}$   $atts = 73.77\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$P_{n\_2} \cdot s^2 + P_{n\_3} \cdot s + P_{n\_4}$$

 $H_n = \text{-----}$ 

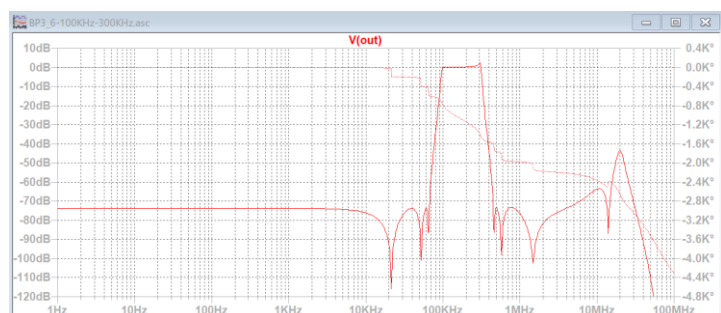
$$s^2 + P_{n\_0} \cdot s + P_{n\_1}$$

2 次式

n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	181.1947K	3.7388T	53.4114m	0	4.1271T	Q= 10.6714
2	57.3973K	375.1693G	1.1039	0	20.0383G	Q= 10.6714
3	529.6601K	2.9695T	0.1160	0	1.5093T	Q= 3.2535
4	211.2459K	472.3589G	0.5083	0	54.7942G	Q= 3.2535
5	686.4130K	1.7281T	0.1104	0	922.6990G	Q= 1.9151
6	470.4447K	811.7159G	0.5340	0	89.6290G	Q= 1.9151

$F_{p2} / F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP3(et1)の  $Cb1\_1$  の値」を参照して、 $F_{p1}$  は 100KHz、 $F_{p2}$  は 1MHz に対応する推奨値を利用します。

$Cb1\_1 = 18\text{n}$ ,  $Cb1\_2 = 50\text{p}$ ,  $Cb1\_3 = 10\text{n}$ ,  $Cb1\_4 = 50\text{p}$ ,  $Cb1\_5 = 4\text{n}$ ,  $Cb1\_6 = 50\text{p}$  を設定して  $V(\text{out})$ を確認する。

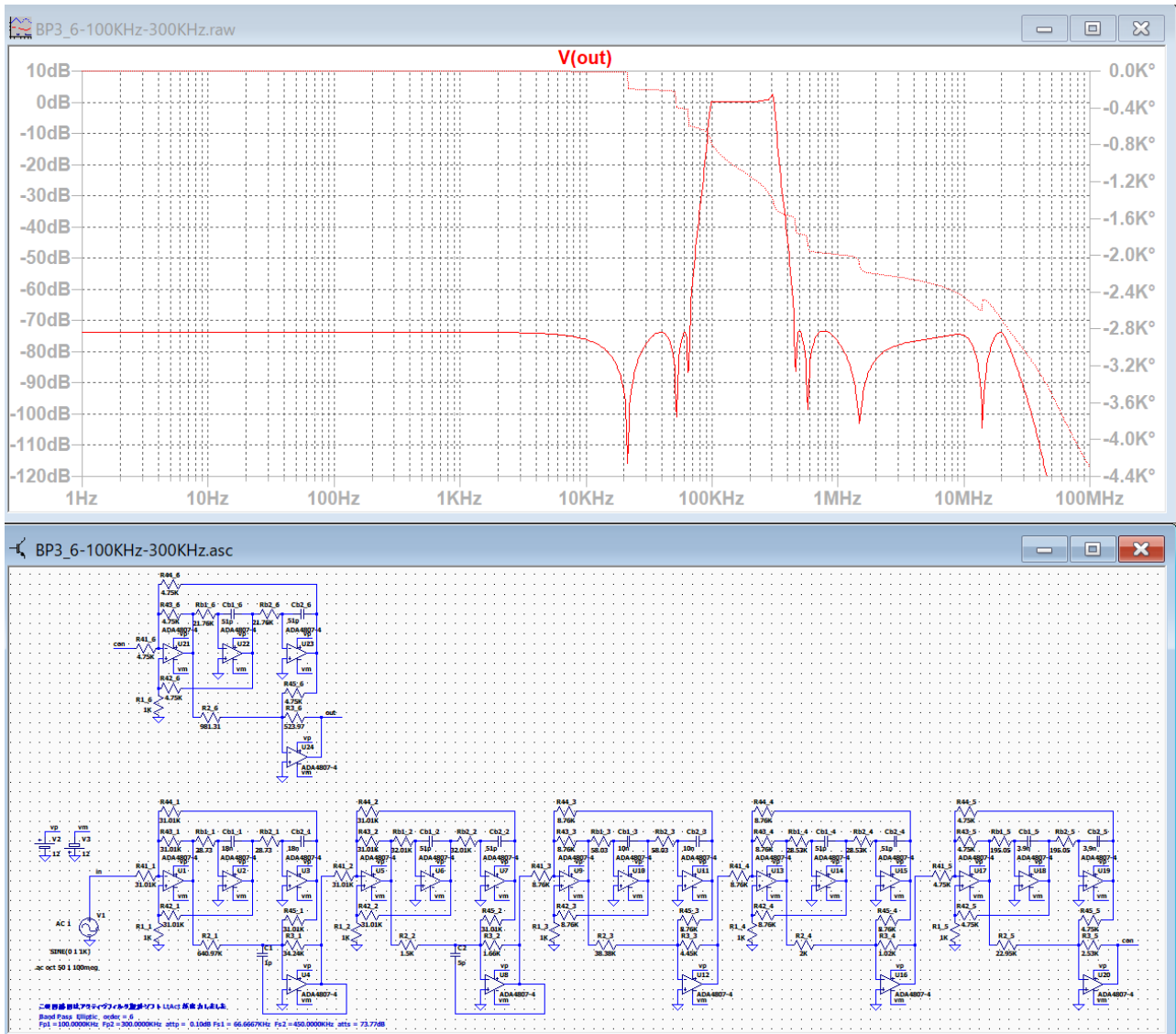


楕円関数

BP3\_6-100KHz-300KHz.asc

バンドパスフィルタ

完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\楕円関数\test\BP3\_6-100KHz-

300KHz.asc 作成日時 Sun Nov 29 04:16:57 2020

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 66.6667KHz Fs2 =450.0000KHz atts = 73.77dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 28.7316 Cb\_1 (2 個) = 18.0000n 誤差 = 4.4146 %  
 1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 640.9737K R3\_1 = 34.2353K R4\_1 (5 個) =  
 31.0142K 誤差 = 5.8669 %  
 2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 32.0122K Cb\_2 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 3.0855 %  
 2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 1.5007K R3\_2 = 1.6565K R4\_2 (5 個) =  
 31.0142K 誤差 = 4.7260 %  
 3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 58.0303 Cb\_3 (2 個) = 10.0000n 誤差 = 3.4987 %  
 3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 38.3837K R3\_3 = 4.4526K R4\_3 (5 個) =  
 8.7604K 誤差 = 5.4168 %  
 4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 28.5295K Cb\_4 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 5.1544 %  
 4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 1.9994K R3\_4 = 1.0162K R4\_4 (5 個) =  
 8.7604K 誤差 = 4.1921 %  
 5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 195.0547 Cb\_5 (2 個) = 3.9000n 誤差 = 2.5353 %  
 5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 22.9469K R3\_5 = 2.5338K R4\_5 (5 個) =  
 4.7453K 誤差 = 6.7687 %  
 6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 21.7635K Cb\_6 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 1.0869 %  
 6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 981.3149 R3\_6 = 523.9749 R4\_6 (5 個) =  
 4.7453K 誤差 = 3.4134 %



## バンドパスフィルタ

BP4\_6-100KHz-300KHz.asc

バンドパス・楕円関数 6 次フィルタ 100KHz - 300KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(≤58)$  6

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$  100 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} \times x_s)$  300 KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

遮断特性 Elliptic

OK Cancel

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

 $F_{p1} = 100.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 300.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 66.6667\text{KHz}$   $F_{s2} = 450.0000\text{KHz}$   $atts = 73.77\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

 $H_n = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$ 

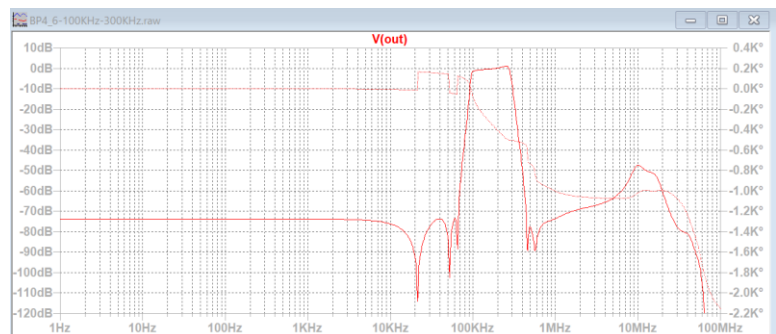
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	181.1947K	3.7388T	53.4114m	0	4.1271T	Q= 10.6714
2	57.3973K	375.1693G	1.1039	0	20.0383G	Q= 10.6714
3	529.6601K	2.9695T	0.1160	0	1.5093T	Q= 3.2535
4	211.2459K	472.3589G	0.5083	0	54.7942G	Q= 3.2535
5	686.4130K	1.7281T	0.1104	0	922.6990G	Q= 1.9151
6	470.4447K	811.7159G	0.5340	0	89.6290G	Q= 1.9151

$F_{p2} / F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP4(et2)の Cb1\_1 の値」を参照して、100KHz に対応する推奨値を利用します。

Cb1\_1= 20n, Cb1\_2= 75p, Cb1\_3= 10n, Cb1\_4= 75p, Cb1\_5= 2n, Cb1\_6=75p を設定して V(out)を確認する。

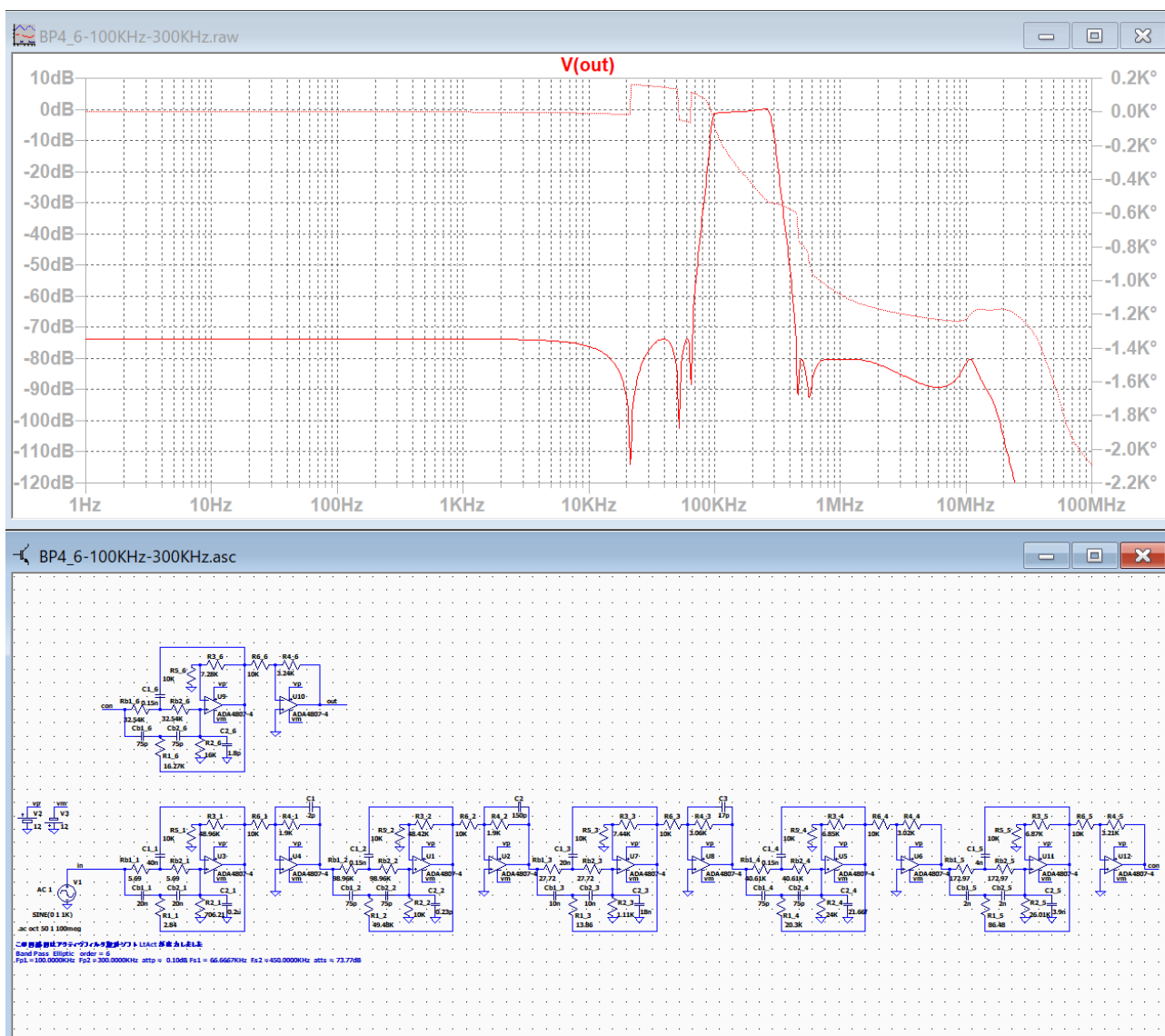


楕円関数

BP4\_6-100KHz-300KHz.asc

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\楕円関数\test\BP4\_6-100KHz-

300KHz.asc 作成日時 Sun Nov 29 04:30:50 2020

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 66.6667KHz Fs2 =450.0000KHz atts = 73.77dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 5.6880 Cb\_1 (2 個) = 20.0000n R1\_1 = 2.8440 C1\_1  
= 40.0000n 誤差 = 5.8558 %

1 R2\_1 = 706.2056 C2\_1 = 0.2000u 誤差 = 3.7108 %

1 R3\_1 = 48.9581K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.9995 %

1 R4\_1 = 1.9024K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 5.1285 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 98.9611K Cb\_2 (2 個) = 75.0000p R1\_2 = 49.4806K C1\_2  
= 0.1500n 誤差 = 3.2452 %

2 R2\_2 = 10.0000K C2\_2 = 0.2271p 誤差 = 3.1170 %

2 R3\_2 = 48.4242K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 2.9412 %

2 R4\_2 = 1.9008K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 5.2176 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 27.7233 Cb\_3 (2 個) = 10.0000n R1\_3 = 13.8616 C1\_3  
= 20.0000n 誤差 = 6.7413 %

3 R2\_3 = 1.1118K C2\_3 = 18.0000n 誤差 = 1.0572 %

3 R3\_3 = 7.4360K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.8602 %

3 R4\_3 = 3.0604K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 1.9724 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 40.6082K Cb\_4 (2 個) = 75.0000p R1\_4 = 20.3041K C1\_4  
= 0.1500n 誤差 = 4.2339 %

4 R2\_4 = 24.0000K C2\_4 = 21.6575f 誤差 = 1.5813 %

4 R3\_4 = 6.8521K R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 0.7606 %

4 R4\_4 = 3.0177K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 0.5875 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 172.9666 Cb\_5 (2 個) = 2.0000n R1\_5 = 86.4833 C1\_5  
= 4.0000n 誤差 = 7.0469 %

5 R2\_5 = 26.0085K C2\_5 = 3.9000n 誤差 = 3.8123 %

5 R3\_5 = 6.8745K R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.0830 %

5 R4\_5 = 3.2063K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.9208 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 32.5436K Cb\_6 (2 個) = 75.0000p R1\_6 = 16.2718K C1\_6  
= 0.1500n 誤差 = 2.1810 %

6 R2\_6 = 16.0000K C2\_6 = 1.8012p 誤差 = 0.0669 %

6 R3\_6 = 7.2815K R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 3.0014 %

6 R4\_6 = 3.2381K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 1.9102 %

## バンドパスフィルタ

BP3\_6-600KHz - 1200KHz.asc

バンドパス・楕円関数 6 次フィルタ 600KHz - 1200KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 バンドパスフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(≤58)$  6

通過帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1}/x_s)$  600 KHz

通過帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2}/x_s)$  1200 KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリップル  $att_p$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{p1}/F_{s1}$  1.5 倍

遮断特性 Elliptic

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

 $F_{p1} = 600.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 1.2000\text{MegHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$  $F_{s1} = 400.0000\text{KHz}$   $F_{s2} = 1.8000\text{MegHz}$   $atts = 85.44\text{dB}$ 

2 次式の形式

$$P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}$$

 $H_n = \text{-----}$ 

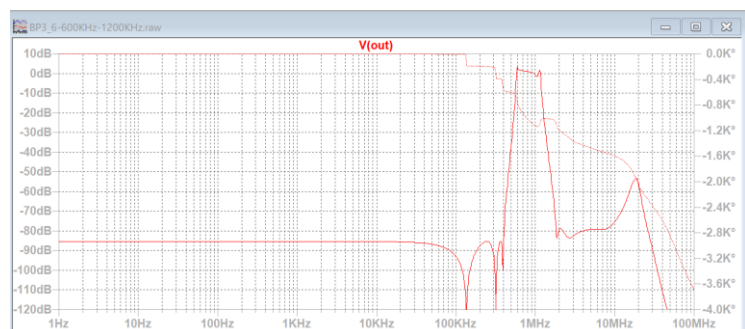
$$s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}$$

2 次式

n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	517.3183K	58.8882T	44.7370m	0	49.5831T	Q= 14.8339
2	249.7020K	13.7201T	0.8420	0	613.7950G	Q= 14.8339
3	1.4488Meg	49.8298T	96.8516m	0	19.3800T	Q= 4.8723
4	826.4529K	16.2142T	0.3889	0	1.5704T	Q= 4.8723
5	1.8747Meg	35.3431T	99.9837m	0	13.3152T	Q= 3.1712
6	1.5077Meg	22.8602T	0.3767	0	2.2856T	Q= 3.1712

$F_{p2} / F_{p1} < 10$  なので、「まとめ BP3(et1)の  $Cb1\_1$  の値」を参照して、 $F_{p1}$  と  $F_{p2}$  は 1MHz に対応する推奨値を利用します。 $Cb1\_1$  は  $Q = 14.8339$  を考慮して増加する。

$Cb1\_1 = 50\text{n}$ ,  $Cb1\_2 = 30\text{p}$ ,  $Cb1\_3 = 18\text{n}$ ,  $Cb1\_4 = 30\text{p}$ ,  $Cb1\_5 = 10\text{n}$ ,  $Cb1\_6 = 30\text{p}$  を設定して  $V(\text{out})$ を確認する。

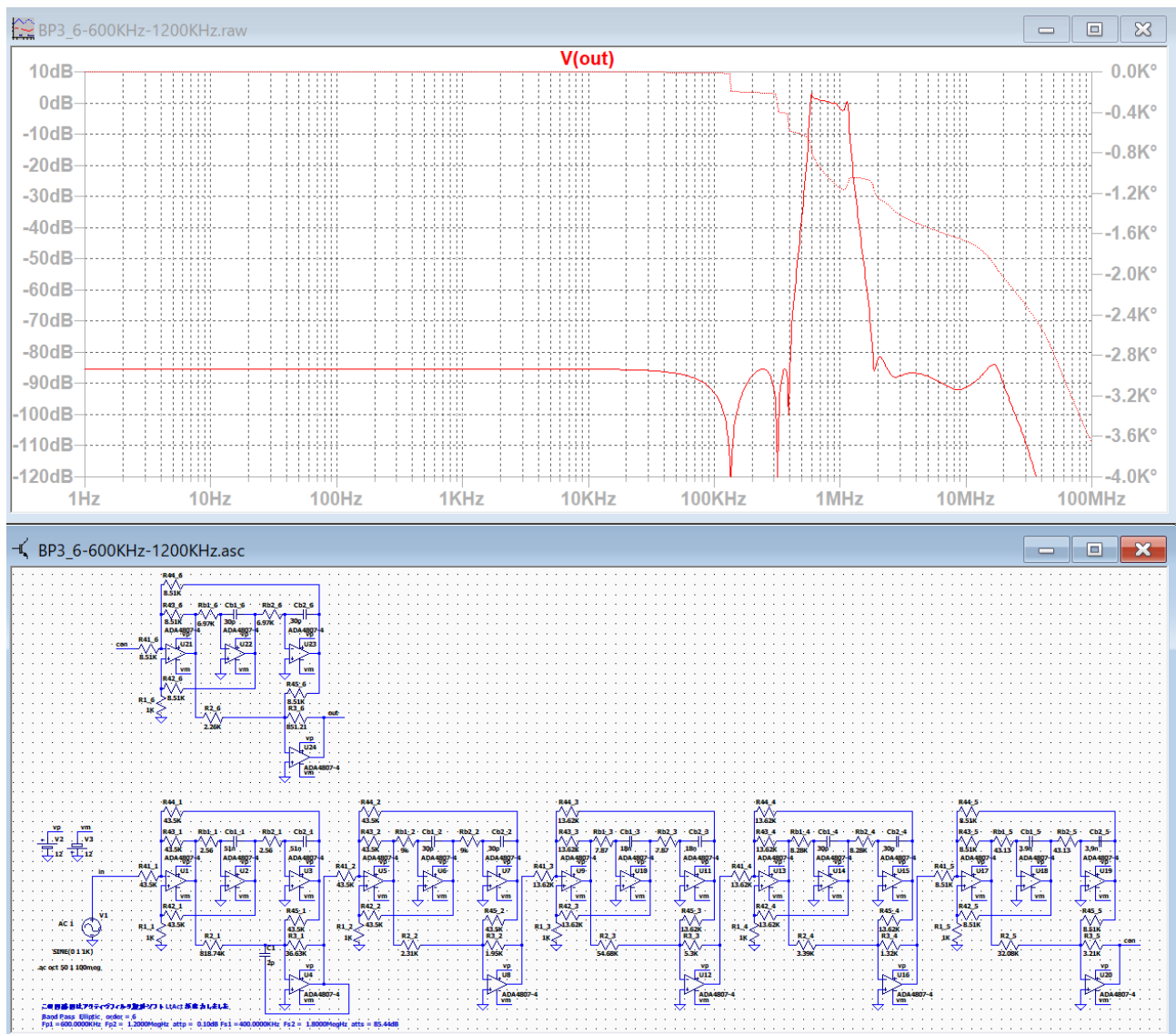


楕円関数

BP3\_6-600KHz - 1200KHz.asc

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\楕円関数\test\BP3\_6-600KHz-

1200KHz.asc 作成日時 Sun Nov 29 05:00:15 2020

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =400.0000KHz Fs2 = 1.8000MegHz atts = 85.44dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 2.5551 Cb\_1 (2 個) = 51.0000n 誤差 = 5.6691 %

1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 818.7388K R3\_1 = 36.6279K R4\_1 (5 個) =

43.5018K 誤差 = 2.0720 %

2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 8.9991K Cb\_2 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 1.1209 %

2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 2.3114K R3\_2 = 1.9461K R4\_2 (5 個) =

43.5018K 誤差 = 4.8677 %

3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 7.8701 Cb\_3 (2 個) = 18.0000n 誤差 = 4.1912 %

3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 54.6804K R3\_3 = 5.2959K R4\_3 (5 個) =

13.6168K 誤差 = 6.3262 %

4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 8.2781K Cb\_4 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 0.9435 %

4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 3.3909K R3\_4 = 1.3188K R4\_4 (5 個) =

13.6168K 誤差 = 5.4529 %

5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 43.1304 Cb\_5 (2 個) = 3.9000n 誤差 = 0.3023 %

5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 32.0791K R3\_5 = 3.2074K R4\_5 (5 個) =

8.5135K 誤差 = 5.4899 %

6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 6.9717K Cb\_6 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 2.4628 %

6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 2.2594K R3\_6 = 851.2138 R4\_6 (5 個) =

8.5135K 誤差 = 5.8244 %

## バンドパスフィルタ

BP4\_6-600KHz - 1200KHz.asc

バンドパス・楕円関数 6 次フィルタ 600KHz - 1200KHz

設計パラメータの入力

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 = 600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 400.0000KHz Fs2 = 1.8000MegHz atts = 85.44dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

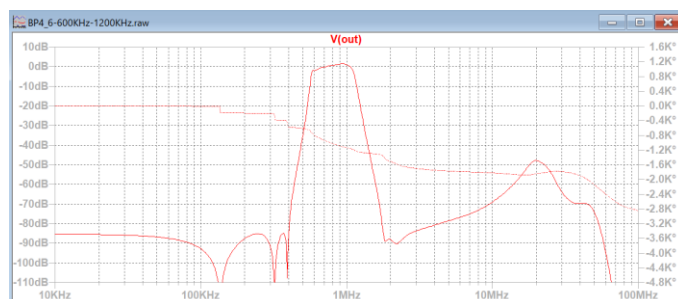
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	517.3183K	58.8882T	44.7370m	0	49.5831T	Q= 14.8339
2	249.7020K	13.7201T	0.8420	0	613.7950G	Q= 14.8339
3	1.4488Meg	49.8298T	96.8516m	0	19.3800T	Q= 4.8723
4	826.4529K	16.2142T	0.3889	0	1.5704T	Q= 4.8723
5	1.8747Meg	35.3431T	99.9837m	0	13.3152T	Q= 3.1712
6	1.5077Meg	22.8602T	0.3767	0	2.2856T	Q= 3.1712

Fp2 / Fp1 < 10 なので、「まとめ BP4(et2)の Cb1\_1 の値」を参照して、Fp1 と Fp2 は 1MHz に対応する推奨値を利用します。

Cb1\_1= 2n, Cb1\_2= 0.2n, Cb1\_3= 2n, Cb1\_4= 0.2n, Cb1\_5= 1n, Cb1\_6=0.2n を設定して V(out)を確認する。

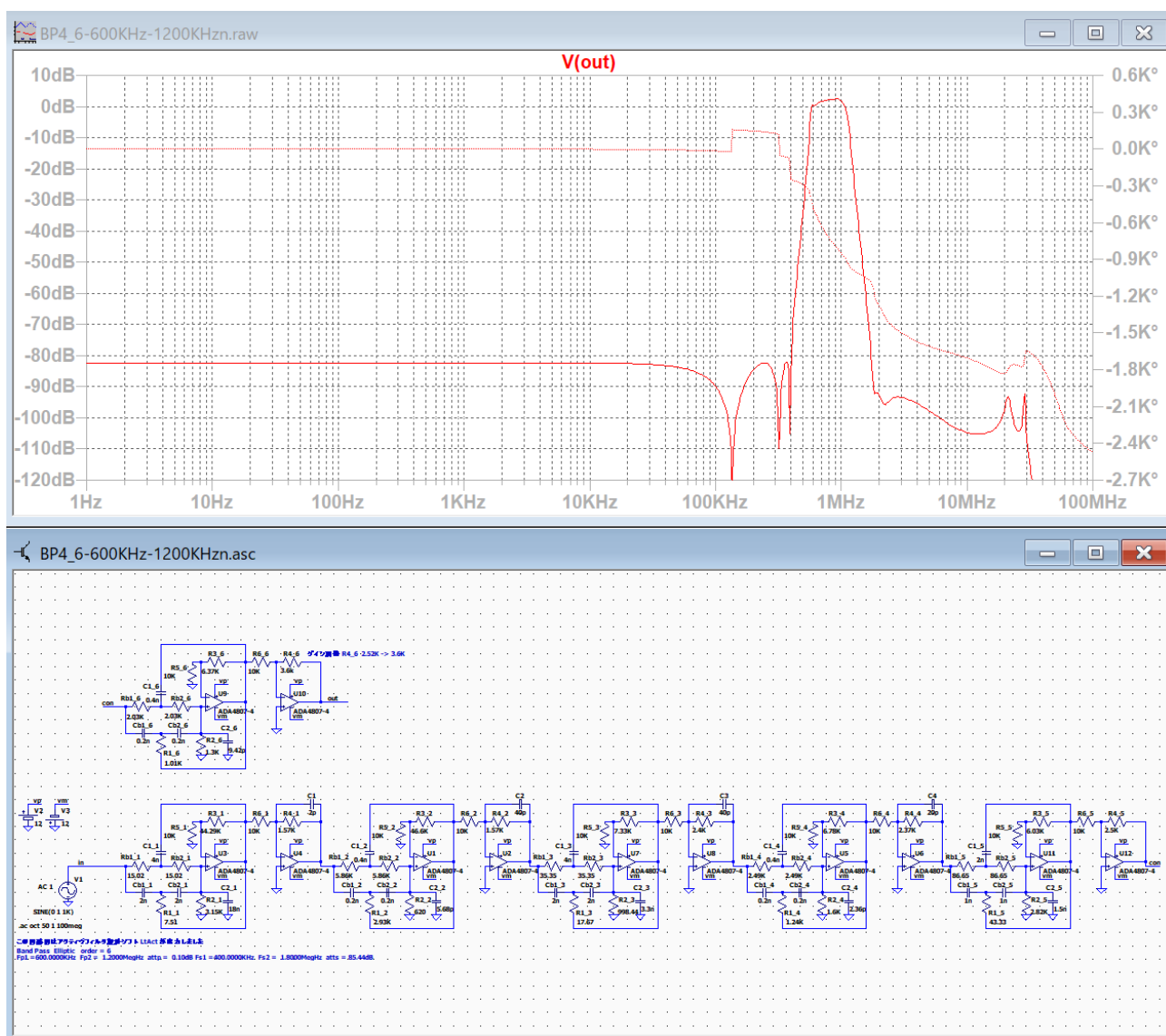


楕円関数

BP4\_6-600KHz - 1200KHz.asc

## バンドパスフィルタ

## 完成した回路図



通過帯域が 600KHz～1.13MHz になった。

Q が高くなると推奨値を設定しても、希望する特性の実現が困難になる。



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\楕円関数\test\BP4\_6-600KHz-

1200KHz.asc 作成日時 Sun Nov 29 07:06:59 2020

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =400.0000KHz Fs2 = 1.8000MegHz atts = 85.44dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 15.0189 Cb\_1 (2 個) = 2.0000n R1\_1 = 7.5094 C1\_1  
= 4.0000n 誤差 = 2.5063 %

1 R2\_1 = 3.1549K C2\_1 = 18.0000n 誤差 = 4.5994 %

1 R3\_1 = 44.2857K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.9032 %

1 R4\_1 = 1.5658K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.1845 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 5.8561K Cb\_2 (2 個) = 0.2000n R1\_2 = 2.9281K C1\_2  
= 0.4000n 誤差 = 5.6049 %

2 R2\_2 = 620.0000 C2\_2 = 5.6849p 誤差 = 1.4935 %

2 R3\_2 = 46.5963K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 0.8664 %

2 R4\_2 = 1.5723K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.7630 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 35.3465 Cb\_3 (2 個) = 2.0000n R1\_3 = 17.6732 C1\_3  
= 4.0000n 誤差 = 3.6176 %

3 R2\_3 = 998.4359 C2\_3 = 3.3000n 誤差 = 0.1567 %

3 R3\_3 = 7.3260K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 2.3754 %

3 R4\_3 = 2.4037K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.1533 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 2.4883K Cb\_4 (2 個) = 0.2000n R1\_4 = 1.2441K C1\_4  
= 0.4000n 誤差 = 5.6064 %

4 R2\_4 = 1.6000K C2\_4 = 2.3580p 誤差 = 1.7792 %

4 R3\_4 = 6.7824K R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 0.2596 %

4 R4\_4 = 2.3721K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 1.1761 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 86.6545 Cb\_5 (2 個) = 1.0000n R1\_5 = 43.3272 C1\_5  
= 2.0000n 誤差 = 5.0713 %

5 R2\_5 = 2.8151K C2\_5 = 1.5000n 誤差 = 4.0872 %

5 R3\_5 = 6.0294K R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.8295 %

5 R4\_5 = 2.4950K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 3.8080 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 202.9957 Cb\_6 (2 個) = 2.0000n R1\_6 = 101.4978 C1\_6  
= 4.0000n 誤差 = 3.2566 %

6 R2\_6 = 130.0000 C2\_6 = 94.2108p 誤差 = 3.4081 %

6 R3\_6 = 6.3686K R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 2.6471 %

6 R4\_6 = 2.5184K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 4.7032 %

楕円関数

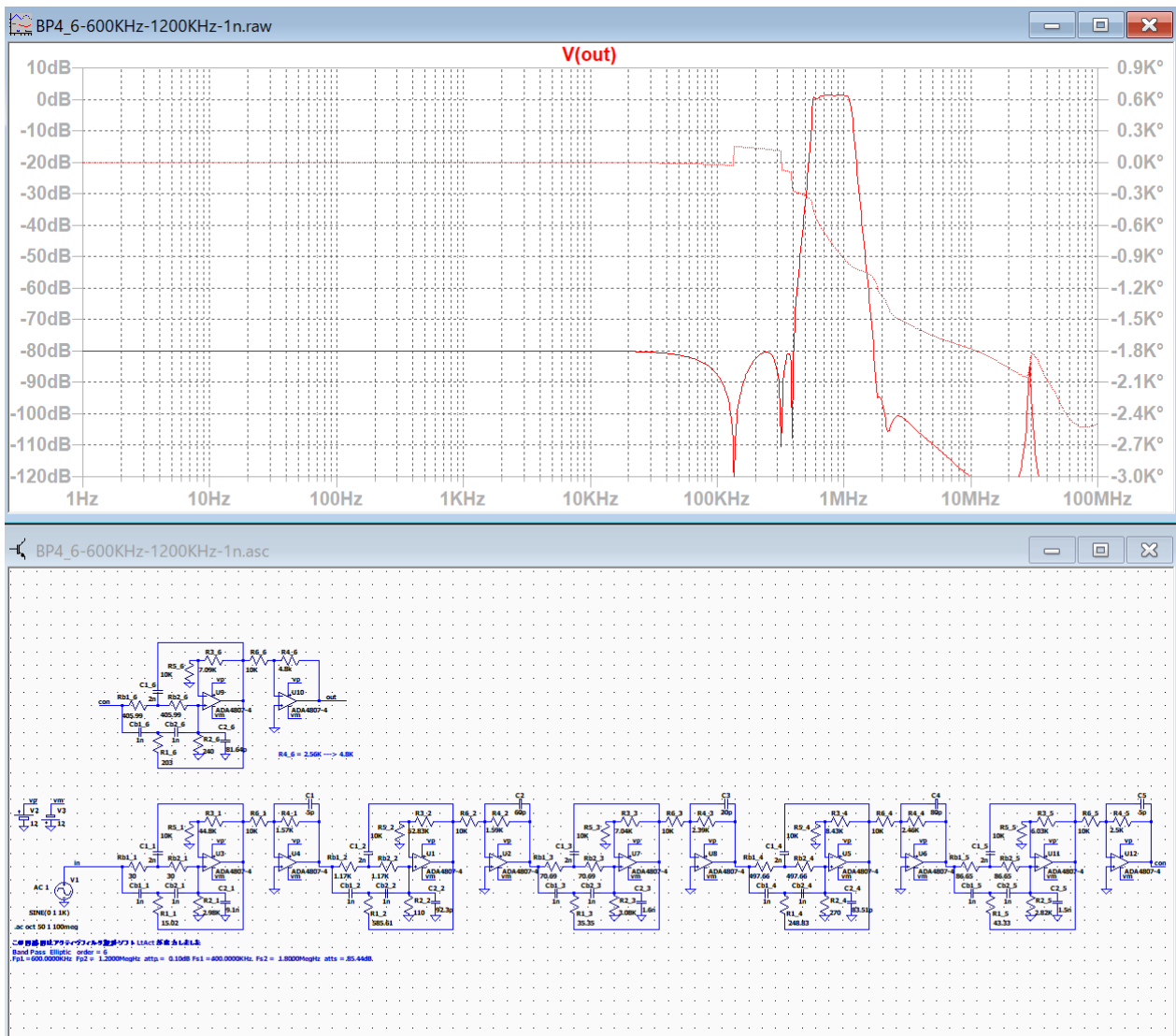
BP4\_6-600KHz - 1200KHz.asc

## バンドパスフィルタ

## 安易な方法の試み 1

下の回路図は、すべての  $Cb1\_?$  を  $1n$  に設定して、オーバーシュートを調整したものです。  
様々な  $Cb1\_?$  の値を試した回路図と同程度の特性が得られています。

やはり、帯域幅は狭くなっています。



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\楕円関数\test\BP4\_6-600KHz-

1200KHz.asc 作成日時 Tue Oct 06 19:23:24 2020

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =400.0000KHz Fs2 = 1.8000MegHz atts = 85.44dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 30.0377 Cb\_1 (2 個) = 1.0000n R1\_1 = 15.0189 C1\_1  
= 2.0000n 誤差 = 0.1775 %

1 R2\_1 = 2.9818K C2\_1 = 9.1000n 誤差 = 0.6112 %

1 R3\_1 = 44.8045K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 4.0275 %

1 R4\_1 = 1.5673K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.0864 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 1.1712K Cb\_2 (2 個) = 1.0000n R1\_2 = 585.6133 C1\_2  
= 2.0000n 誤差 = 5.0165 %

2 R2\_2 = 110.0000 C2\_2 = 92.2974p 誤差 = 1.4056 %

2 R3\_2 = 52.8330K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 3.4693 %

2 R4\_2 = 1.5874K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 0.7935 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 70.6930 Cb\_3 (2 個) = 1.0000n R1\_3 = 35.3465 C1\_3  
= 2.0000n 誤差 = 4.2344 %

3 R2\_3 = 3.0802K C2\_3 = 1.6000n 誤差 = 2.6042 %

3 R3\_3 = 7.0393K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 3.3999 %

3 R4\_3 = 2.3873K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.5328 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 497.6587 Cb\_4 (2 個) = 1.0000n R1\_4 = 248.8293 C1\_4  
= 2.0000n 誤差 = 4.3290 %

4 R2\_4 = 270.0000 C2\_4 = 83.5084p 誤差 = 1.8063 %

4 R3\_4 = 8.4335K R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 2.7685 %

4 R4\_4 = 2.4623K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 2.5288 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 86.6545 Cb\_5 (2 個) = 1.0000n R1\_5 = 43.3272 C1\_5  
= 2.0000n 誤差 = 5.0713 %

5 R2\_5 = 2.8151K C2\_5 = 1.5000n 誤差 = 4.0872 %

5 R3\_5 = 6.0294K R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.8295 %

5 R4\_5 = 2.4950K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 3.8080 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 405.9913 Cb\_6 (2 個) = 1.0000n R1\_6 = 202.9957 C1\_6  
= 2.0000n 誤差 = 4.2062 %

6 R2\_6 = 240.0000 C2\_6 = 81.6395p 誤差 = 0.4415 %

6 R3\_6 = 7.0862K R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 4.0386 %

6 R4\_6 = 2.5650K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 5.2646 %

楕円関数

BP4\_6-600KHz - 1200KHz.asc

## バンドパスフィルタ

## 安易な方法の試み 2

すべての Cb1\_? を 1n に設定するという安易な方法では、帯域幅は設計通りにはならないが、ある程度満足できる特性が得られることが分かった。

帯域が狭くなるのを見越して、帯域を広げて設計すれば楽に初期の特性が得られるかもしれないと考えました。

設計パラメータの入力

✕

フィルタの種類	バンドパスフィルタ		
設計するフィルタの次数 m(<=58)	8		
通過帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1/xs)	600	KHz	
通過帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2*xs)	1.4	Meg	
周波数Fp1,Fp2における減衰量又はリプル attp	0.1	dB	OK
最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fp1/Fs1	1.5	倍	キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 = 600.0000KHz Fp2 = 1.4000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 400.0000KHz Fs2 = 2.1000MegHz atts = 79.98dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

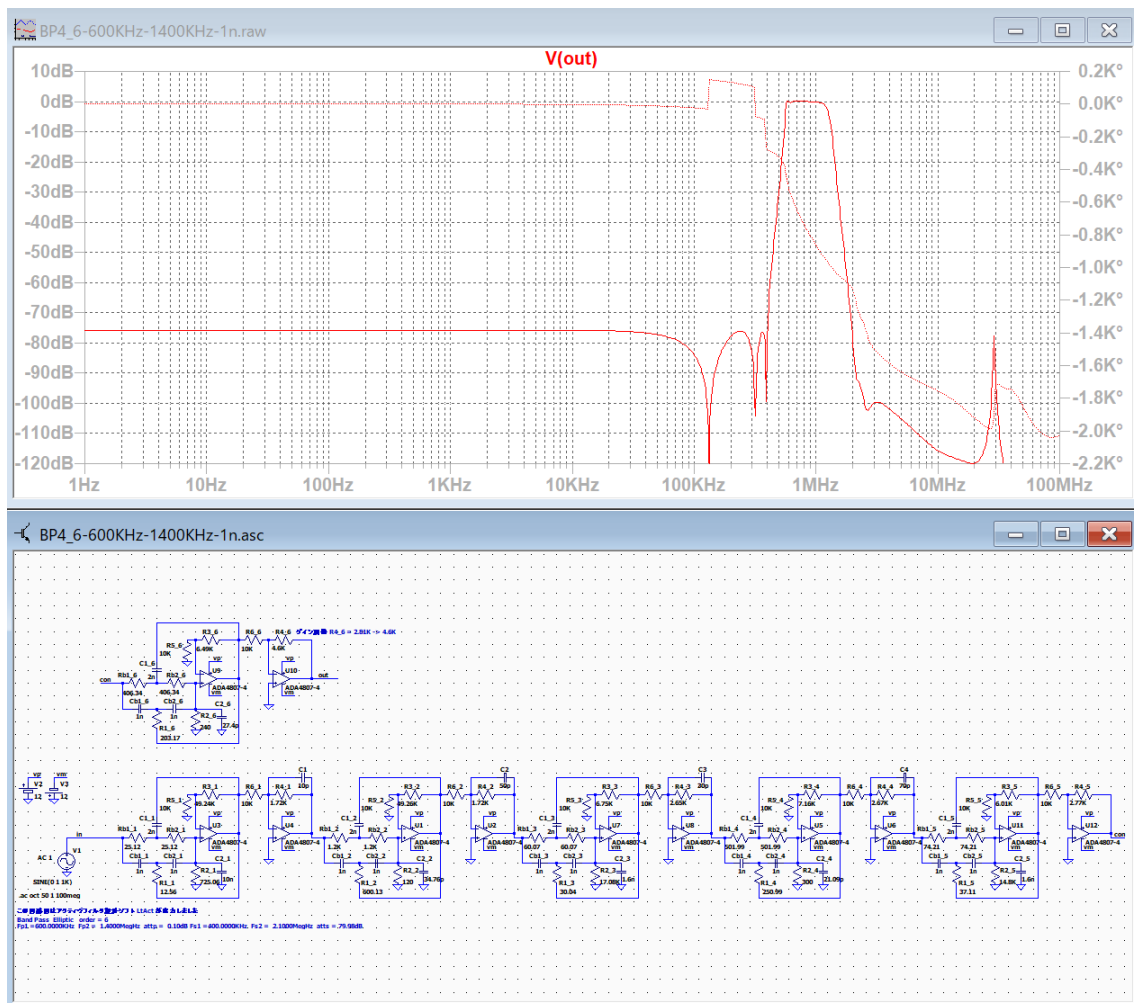
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	704.4437K	80.6687T	48.6374m	0	77.0540T	Q= 12.7499
2	289.5876K	13.6324T	0.9552	0	663.0457G	Q= 12.7499
3	2.0046Meg	66.4446T	0.1055	0	29.2477T	Q= 4.0663
4	1.0005Meg	16.5508T	0.4402	0	1.7468T	Q= 4.0663
5	2.5908Meg	43.6659T	0.1057	0	19.1924T	Q= 2.5506
6	1.9676Meg	25.1846T	0.4395	0	2.6620T	Q= 2.5506

「BP4\_6-600KHz - 1200KHz.asc」に比べると、Q 値が少し小さくなりました。

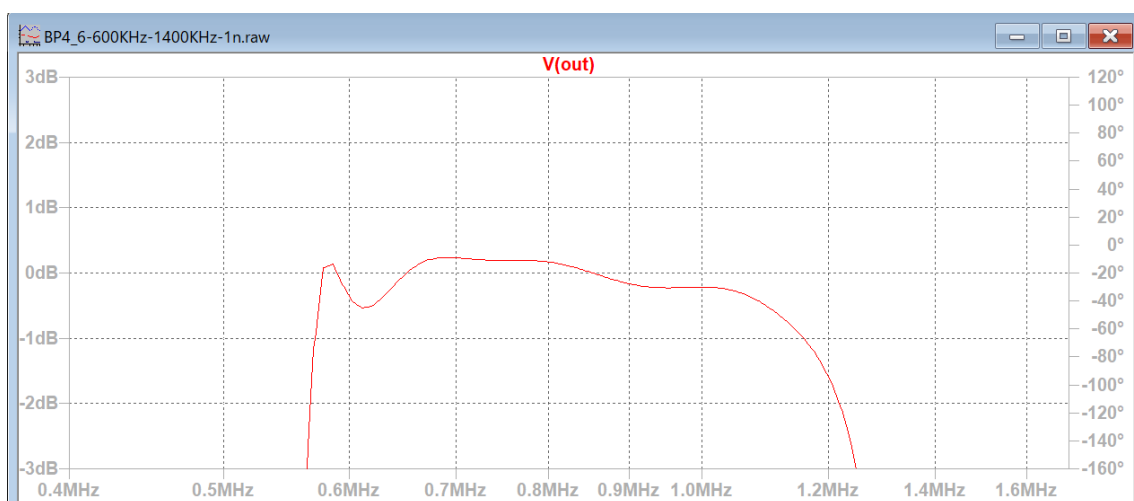
すべての Cb1\_? を 1n に設定して回路図を作成する。

## バンドパスフィルタ

完成した回路図



通過域の拡大グラフ 600KHz ~ 1.2MHz が通過域に入っています。



## バンドパスフィルタ

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドパス\楕円関数\test\BP4\_6-600KHz-

1400KHz-1n.asc 作成日時 Sun Nov 29 18:04:56 2020

アナログ Band Pass Elliptic 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.4000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =400.0000KHz Fs2 = 2.1000MegHz atts = 79.98dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 25.1239 Cb\_1 (2 個) = 1.0000n R1\_1 = 12.5620 C1\_1  
= 2.0000n 誤差 = 5.6720 %

1 R2\_1 = 725.0635 C2\_1 = 10.0000n 誤差 = 3.4392 %

1 R3\_1 = 49.2441K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.5657 %

1 R4\_1 = 1.7240K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 4.4065 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 1.2003K Cb\_2 (2 個) = 1.0000n R1\_2 = 600.1271 C1\_2  
= 2.0000n 誤差 = 3.3115 %

2 R2\_2 = 120.0000 C2\_2 = 34.7585p 誤差 = 3.5717 %

2 R3\_2 = 49.2550K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 3.5427 %

2 R4\_2 = 1.7241K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 4.4047 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 60.0714 Cb\_3 (2 個) = 1.0000n R1\_3 = 30.0357 C1\_3  
= 2.0000n 誤差 = 3.2127 %

3 R2\_3 = 17.0805K C2\_3 = 1.6000n 誤差 = 5.3836 %

3 R3\_3 = 6.7532K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.6935 %

3 R4\_3 = 2.6459K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 2.0431 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 501.9880 Cb\_4 (2 個) = 1.0000n R1\_4 = 250.9940 C1\_4  
= 2.0000n 誤差 = 4.6619 %

4 R2\_4 = 300.0000 C2\_4 = 21.0905p 誤差 = 4.3125 %

4 R3\_4 = 7.1634K R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 4.6993 %

4 R4\_4 = 2.6728K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 1.0160 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 74.2115 Cb\_5 (2 個) = 1.0000n R1\_5 = 37.1058 C1\_5  
= 2.0000n 誤差 = 3.1638 %

5 R2\_5 = 14.7952K C2\_5 = 1.6000n 誤差 = 1.3843 %

5 R3\_5 = 6.0063K R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 3.2254 %

5 R4\_5 = 2.7735K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.6510 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 406.3399 Cb\_6 (2 個) = 1.0000n R1\_6 = 203.1700 C1\_6  
= 2.0000n 誤差 = 4.3133 %

6 R2\_6 = 240.0000 C2\_6 = 27.4009p 誤差 = 1.4630 %

6 R3\_6 = 6.4941K R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 4.5291 %

6 R4\_6 = 2.8108K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 3.9417 %

楕円関数

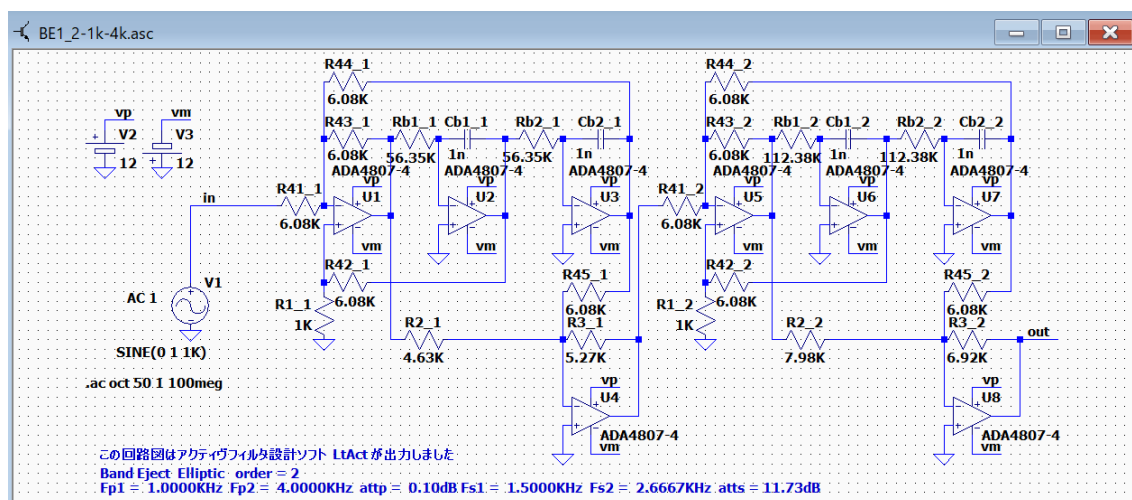
BP4\_6-600KHz - 1200KHz.asc

## バンドエリミネーションフィルタ

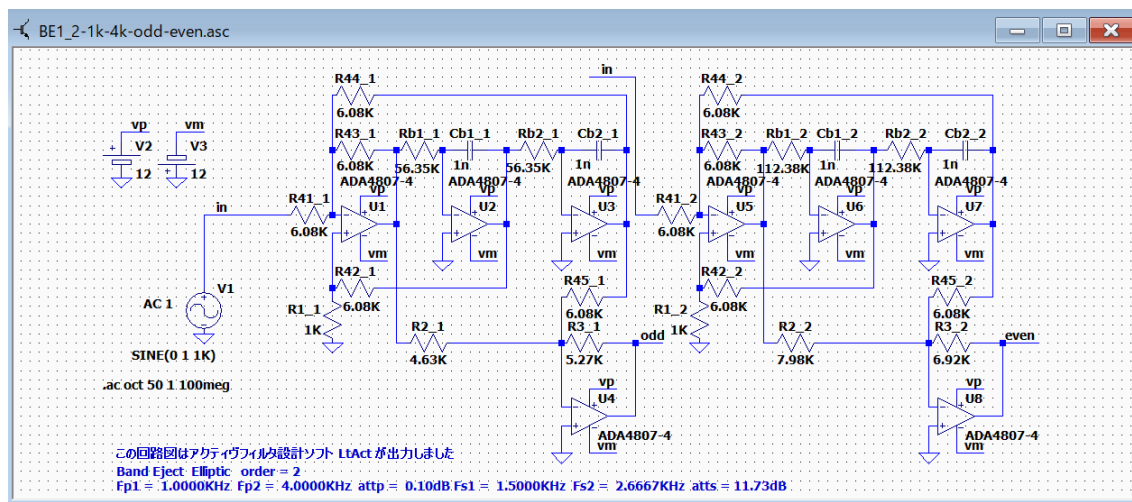
基本回路 BE1(et1)のコンデンサ値

BE1(et1)はバターワース、チェビシェフ、逆チェビシェフおよび楕円関数のバンドエリミネーションフィルタで使用する基本回路です。

BE・楕円関数 2次 1KHz-10KHz BE1

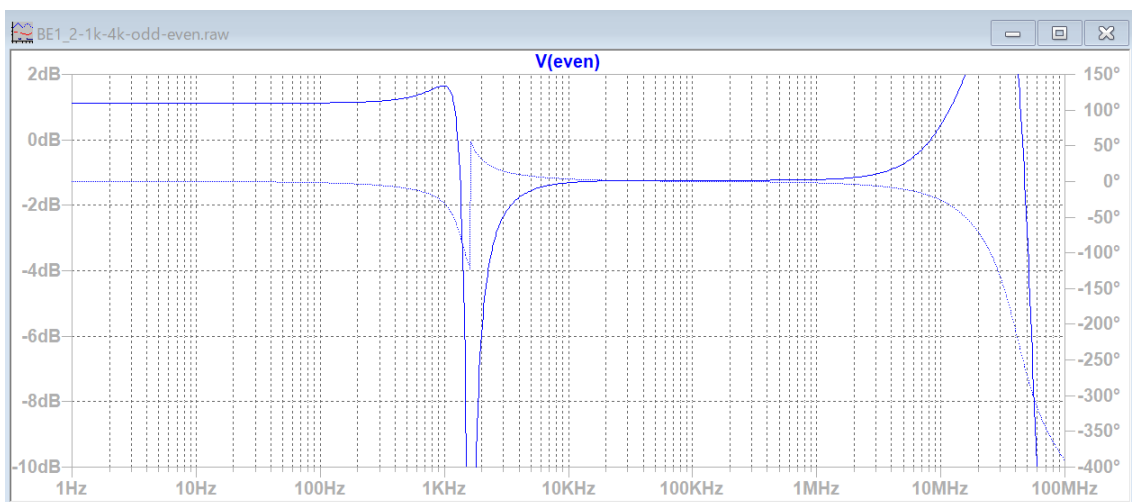
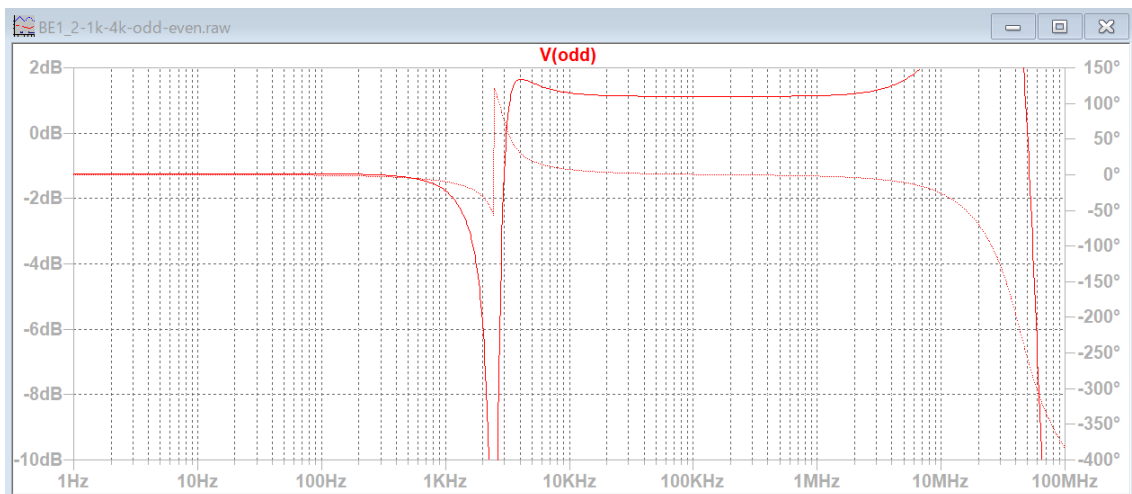


et1 を使用する BE フィルタは 1 次の et1 フィルタが 2 つ縦続接続されて 2 次のフィルタを構成しています。2 つのブロックそれぞれの出力を確認するために、2 番目のブロックの R41\_2 を入力 in に接続します。

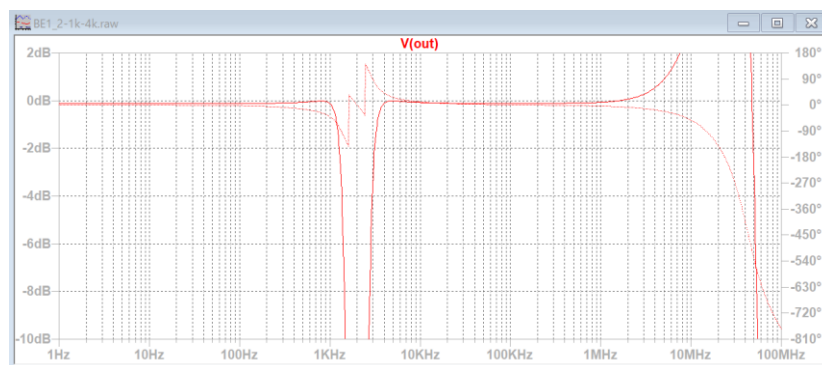


基本回路 BE1(et1)のコンデンサ値BE・楕円関数 2次 1KHz-10KHz BE1

「Odd」と「Even」を確認します。



「Odd」は  $F_{p2}$  に対するハイパスフィルタ、「Even」は  $F_{p1}$  に対するローパスフィルタであることが分かります。周波数は、 $F_{p2} > F_{p1}$  なので  $F_{p1} \sim F_{p2}$  が阻止域です。  
(BP3 ではローパス、ハイパスの順でした)



従って、すでに作成した LP3(et1)と HP3(et1)の表をそのまま利用することが出来ます。

基本回路 BE1(et1)のコンデンサ値BE・楕円関数 2次 1KHz-10KHz BE1



まとめ BE1(et1)の Cb1\_1 の値

この表はオペアンプに ADA4807-4 を利用する場合の値です。

BE1(et1)	Cb1_1の値	奇数ブロック用	
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	50p	50p	50p
1000	30p	30p	30p
BE1(et1)	Cb1_1の値	偶数ブロック用	
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	10u	8.2u	3u
10	1.2u	0.9u	0.4u
100	120n	90n	40n
1000	18n	10n	4n

奇数次数の BE1 フィルタでは、1 番目のブロックが BE フィルタとして動作します。

「まとめ BE1 の Cb1\_1 の値」の「偶数ブロック用」を参照して、周波数 $F_c = \sqrt{F_{p1} \cdot F_{p2}}$ に見合った Cb1\_1 の値に設定して下さい。

奇数次数のフィルタでは、後続のブロックは表の奇数と偶数が反転します。

#### 4 次 フィルタの設計手順

設計パラメータの入力

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Elliptic 次数=4

Fp1 = 1.0000KHz Fp2 = 4.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 1.5000KHz Fs2 = 2.6667KHz atts = 51.21dB

2 次式の形式

$$H_n = \frac{P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}}{s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}}$$

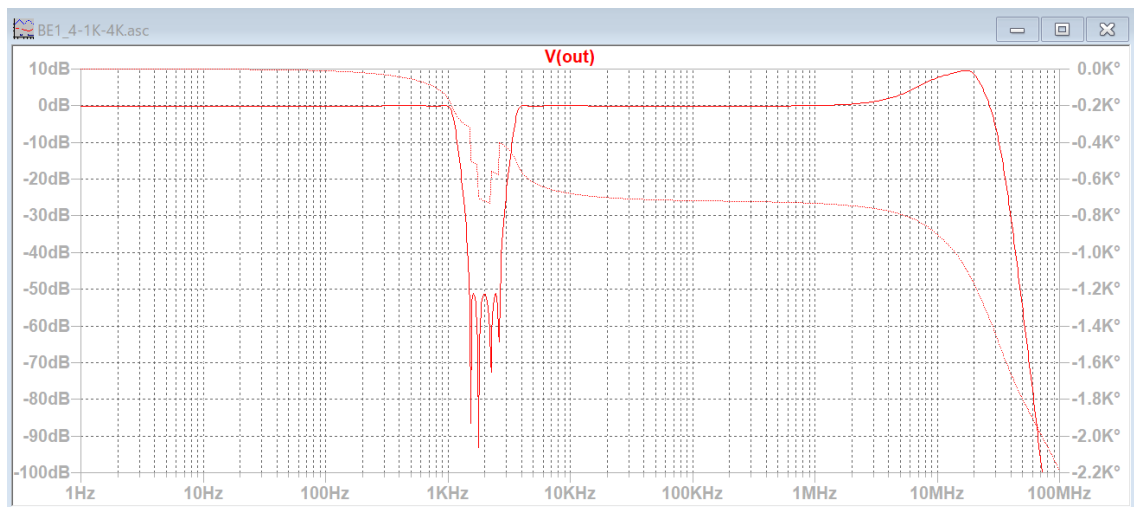
2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4
1	5.2395K	532.1756Meg	2.1255	0	422.6842Meg
2	1.5547K	46.8581Meg	0.7943	0	99.5976Meg
3	28.2507K	568.0421Meg	1.1103	0	299.5740Meg
4	7.8536K	43.8994Meg	0.5274	0	48.7427Meg

「まとめ BE1(et1)の Cb1\_1 の値」を参照して、奇数ブロックは周波数 4KHz、偶数ブロックは周波数 1KHz で、対応する Q 値より値を求めます。

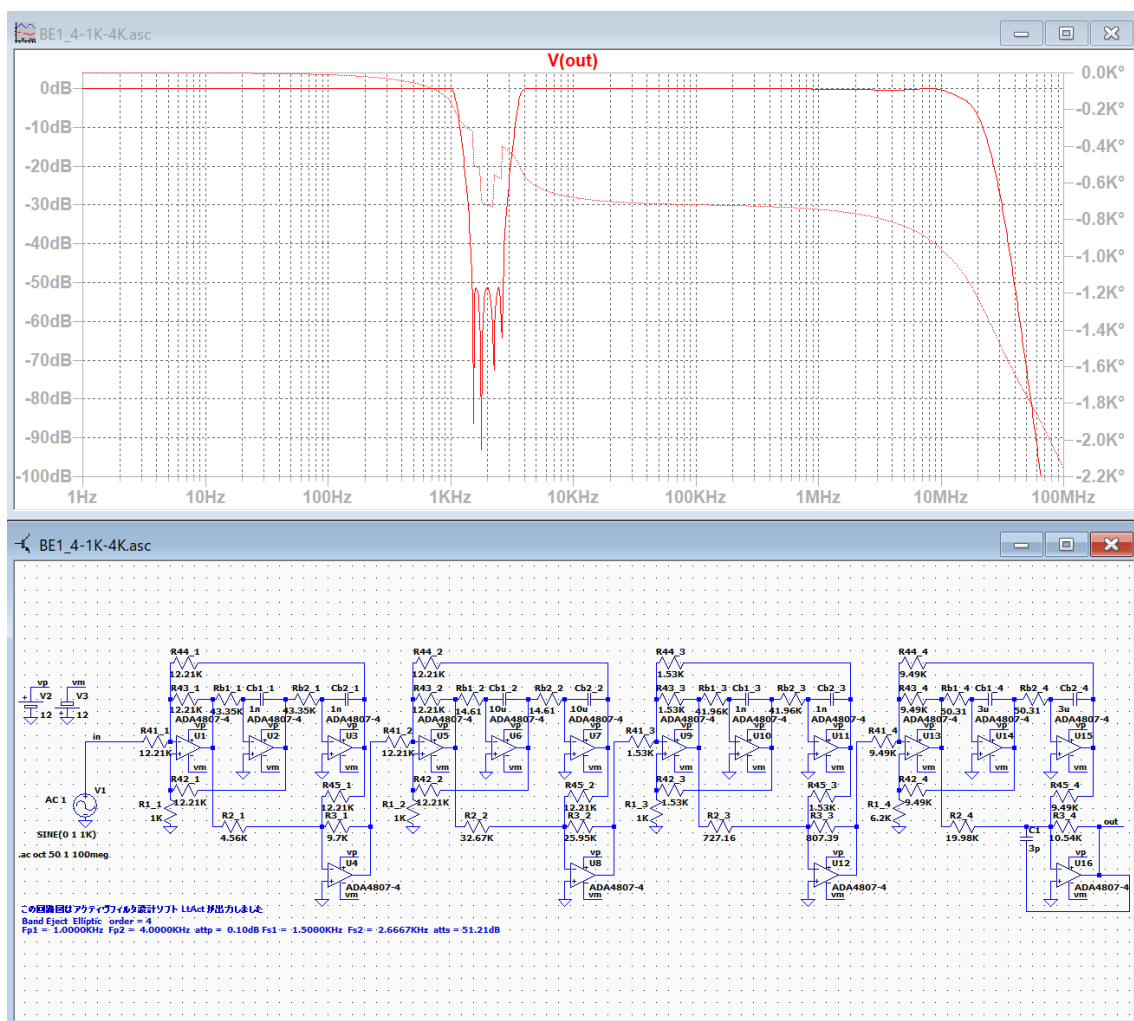
C1\_1=1n, C1\_2=10u, C1\_3=1n, C1\_4=3u に設定して回路図ファイルを出力して V(out)を確認します。

最後のブロックでオーバシュートの調整が出来るように、R3\_4 が 10K 程度になるように設定します。



やはり、20MHz 付近にオーバシュートがあるので、U16 の R3\_4 に C1 を並列接続して調整します。C1=3p でオーバシュートが消えました。

完成した回路図



基本回路 BE1(et1)のコンデンサ値4次 フィルタの設計手順

3 次 フィルタの設計手順

設計パラメータの入力

フィルタの種類    B E フィルタ

設計するフィルタの次数 m(<=58)

遮断特性    Elliptic

阻止帯域    下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1\*xs)

阻止帯域    上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2/xs)

周波数Fp1,Fp2における減衰量又はリプル attp

最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fs1/Fp1 を次の範囲で

入力して下さい    1 < xs < 2.0000

3

1

4

0.1

1.5

KHz

KHz

dB

OK

キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject    Elliptic    次数=3

Fp1 = 1.0000KHz    Fp2 = 4.0000KHz    attp = 0.1000dB

Fs1 = 1.5000KHz    Fs2 = 2.6667KHz    atts = 31.32dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$$Hn = \frac{\quad}{\quad}$$

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	17.9459K	157.9137Meg	1.0000	0	157.9137Meg	Q= 0.7002
2	7.1824K	458.0467Meg	1.3232	0	346.1756Meg	Q= 2.9798
3	2.4762K	54.4415Meg	0.7558	0	72.0349Meg	Q= 2.9798

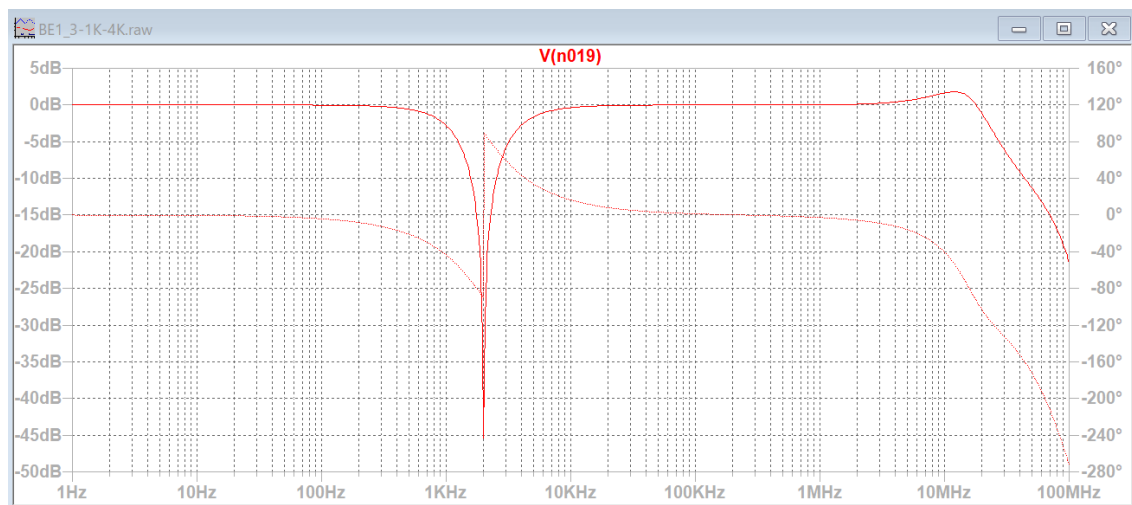
奇数次数フィルタなので、「まとめ BE1(et1)の Cb1\_1 の値」の奇数と偶数を入れ替えて参照しますので、偶数ブロックは周波数 4KHz、奇数ブロックは周波数 1KHz で、対応する Q 値より値を求めます。

第 1 ブロックは $Fc = \sqrt{Fp1 \cdot Fp2} = 2KHz$  で偶数ブロック用の表の値を参照します。

C1\_1=3u, C1\_2=1n, C1\_3=8.2u に設定して V(out)を確認します。

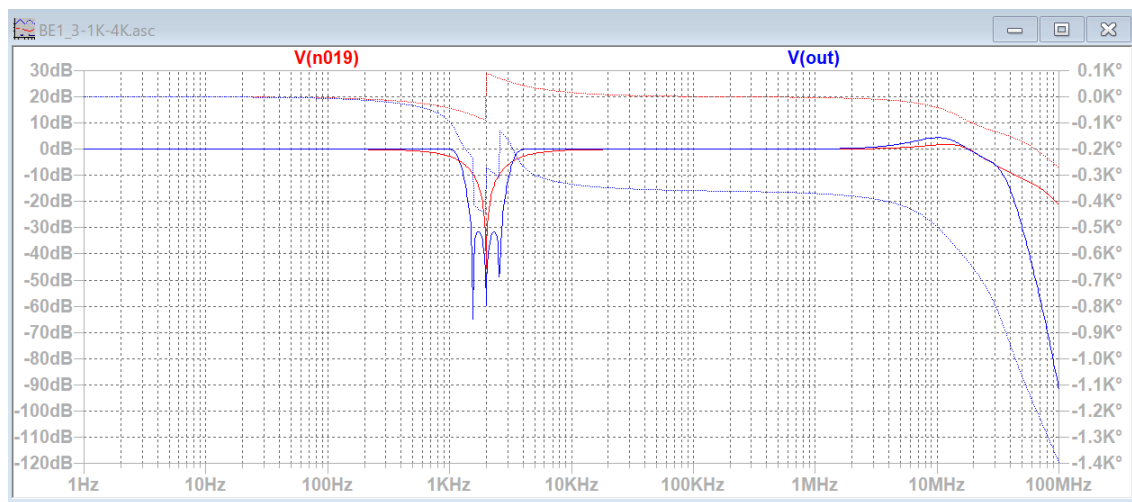
各ブロックでオーバシュートの調整が出来るように、R3\_?が 10K 程度になるように設定します。

U4 の出力を確認します。



奇数次数の BE フィルタでは、1 番目のブロックが 1 次の BE フィルタとして動作していることが確認できました。12MHz 付近にオーバシュートがあります。

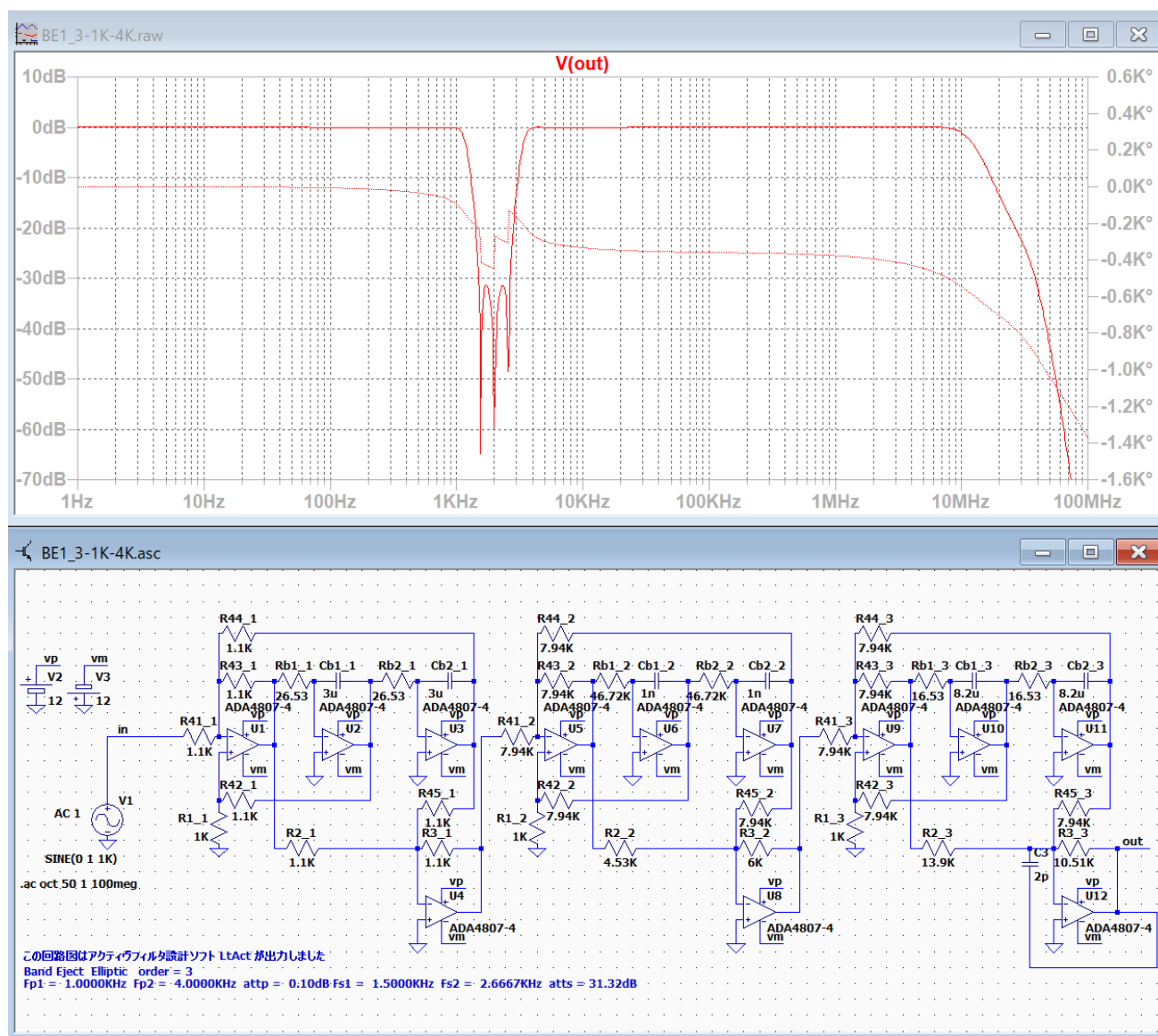
V(out)を確認します。



V(out)では 12MHz のオーバシュートは無く、10MHz 付近にオーバシュートがあります。第 1 ブロックの U4 及び第 2 ブロックの U8 の出力を確認するとオーバシュートは 12MHz で小さいので、第 3 ブロックの U12 の R3\_3 に C3 を接続して調整します。

C3=2p でオーバシュートが消えました。

### 完成した回路図



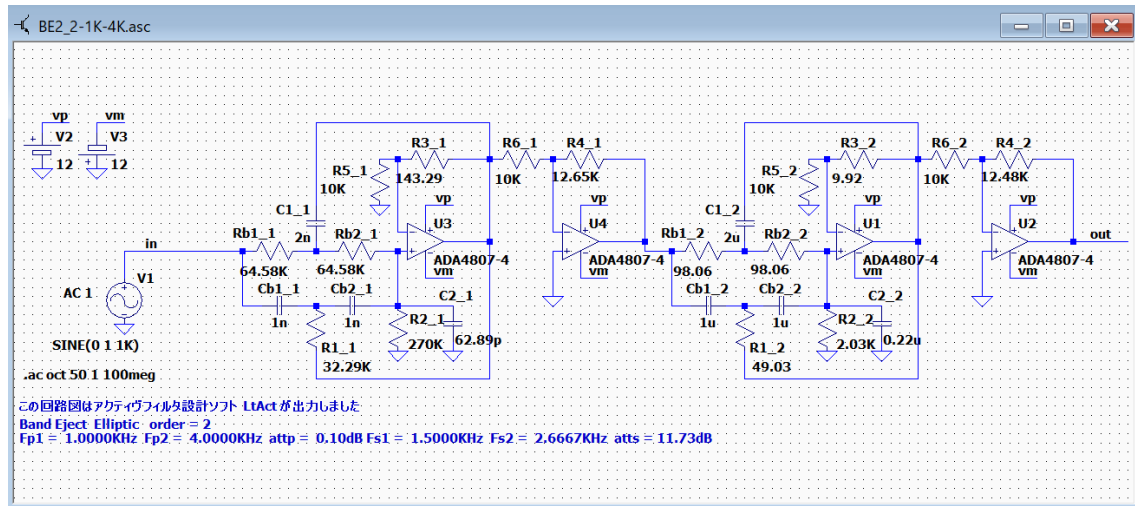
この例のように、各種フィルタではオーバシュートが発生する恐れがある場合には、それを調整しやすいように素子値を入力する時に準備しておくことで作業が楽になります。

## バンドエリミネーションフィルタ

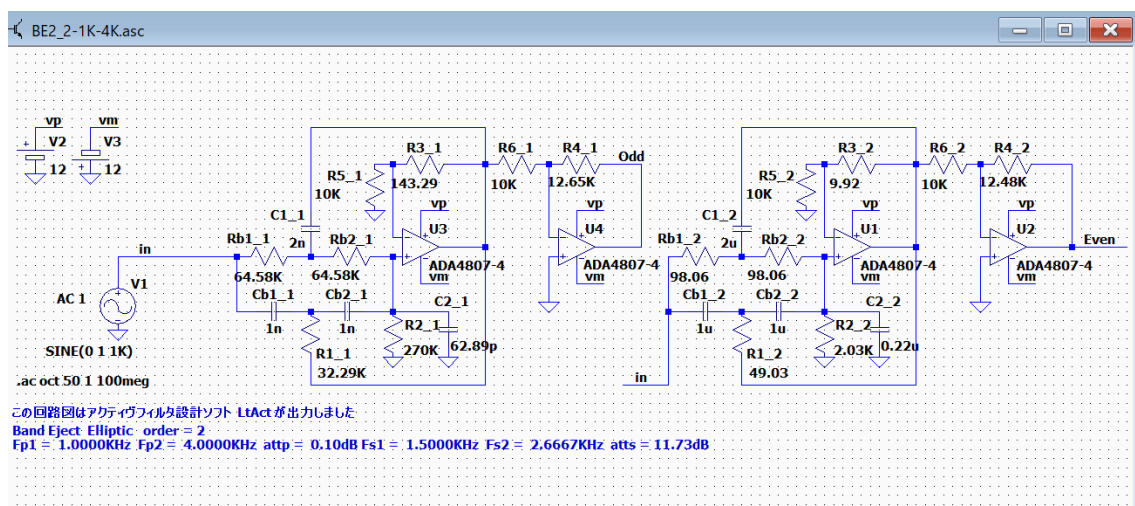
## 基本回路 BE2(et2)のコンデンサ値

BE2(et2)はバターワース、チェビシェフ、逆チェビシェフおよび楕円関数のバンドエリミネーションフィルタで使用される基本回路です。

## BE・楕円関数 2次 1KHz-4KHz BE2

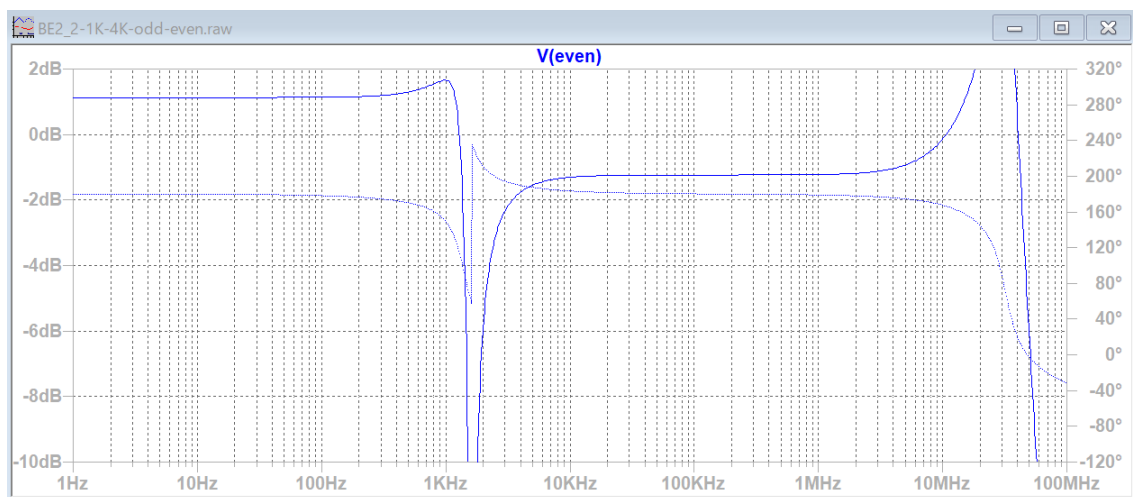
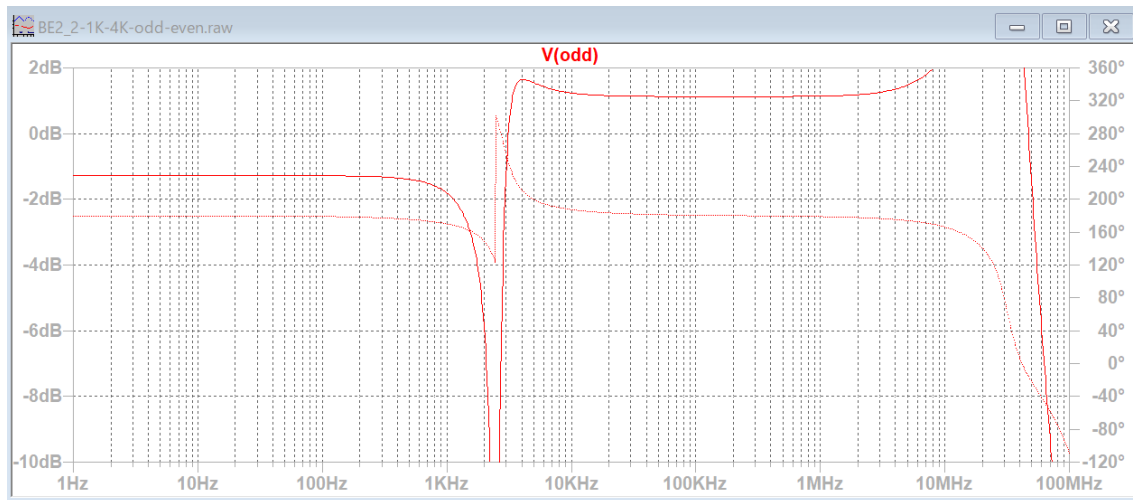


et2 を使用する BE フィルタは 1 次の et2 フィルタが 2 つ縦続接続されて 2 次のフィルタを構成しています。2 つのブロックそれぞれの出力を確認するために、2 番目のブロックの Rb1\_2 を入力 in に接続します。

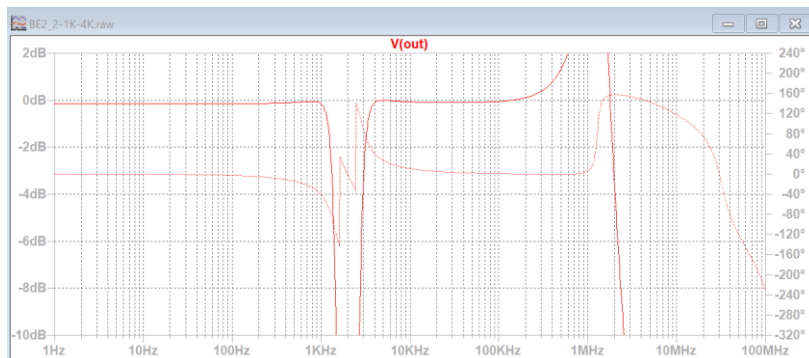


## 基本回路 BE2(et2)のコンデンサ値BE・楕円関数 2次 1KHz-4KHz BE2

「Odd」と「Even」を確認します。



「Odd」は  $F_{p2}$  に対するハイパスフィルタ、「Even」は  $F_{p1}$  に対するローパスフィルタであることが分かります。周波数は、 $F_{p2} > F_{p1}$  なので  $F_{p1} \sim F_{p2}$  が阻止域です。  
(BP4 ではローパス、ハイパスの順でした)



従って、すでに作成した LP3(et1)と HP3(et1)の表をそのまま利用することが出来ます。



まとめ BE2(et2)の Cb1\_1 の値

この表はオペアンプに ADA4807-4 を利用する場合の値です。

BE2(et2)	Cb1_1の値	奇数ブロック用	
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	75p	75p	75p
1000	200p	200p	200p
BE2(et2)	Cb1_1の値	偶数ブロック用	
周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	3u	1u	0.1u
10	0.2u	0.1u	20n
100	20n	10n	2n
1000	2n	1n	0.2n

奇数次数の BE2 フィルタでは、1 番目のブロックが BE フィルタとして動作します。

「まとめ BE2 の Cb1\_1 の値」の「偶数ブロック用」を参照して、周波数 $F_c = \sqrt{F_{p1} \cdot F_{p2}}$ に見合った Cb1\_1 の値に設定して下さい。

奇数次数のフィルタでは、後続のブロックは表の奇数と偶数が反転します。

4 次 フィルタの設計手順

設計パラメータの入力

フィルタの種類 BEフィルタ 遮断特性 バターワース

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  4

阻止帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1} * X_s)$  1 KHz

阻止帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} / X_s)$  4 KHz

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $X_s = F_{s1} / F_{p1}$  を次の範囲で 1.5 倍

入力して下さい  $1 < X_s < 2.0000$

OK キャンセル

++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Butterworth 次数=4

$F_{p1} = 1.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 4.0000\text{KHz}$   $att_p = 3.0103\text{dB}$

$F_{s1} = 1.5000\text{KHz}$   $F_{s2} = 2.6667\text{KHz}$   $att_s = 32.82\text{dB}$

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$H_n = \text{-----}$

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

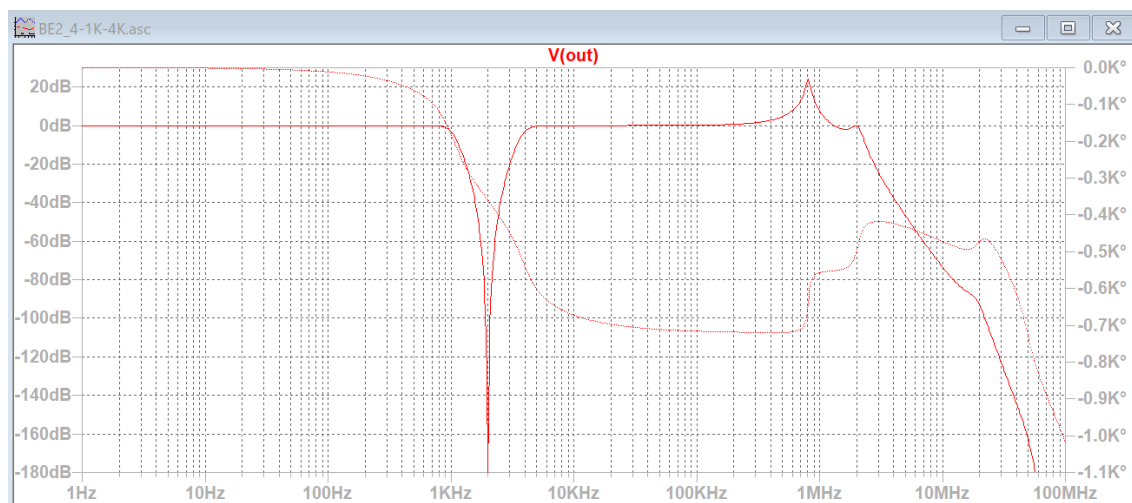
2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4
1	11.3998K	594.6932Meg	1.9406	0 306.4477Meg	Q= 2.1392
2	3.0271K	41.9321Meg	0.5153	0 81.3735Meg	Q= 2.1392
3	23.5578K	330.0426Meg	1.4457	0 228.2942Meg	Q= 0.7712
4	11.2716K	75.5561Meg	0.6917	0 109.2307Meg	Q= 0.7712

「まとめ BE2(et2)の Cb1\_1 の値」を参照して、奇数ブロックは周波数 4KHz、偶数ブロックは周波数 1KHz で、対応する Q 値より値を求めます。

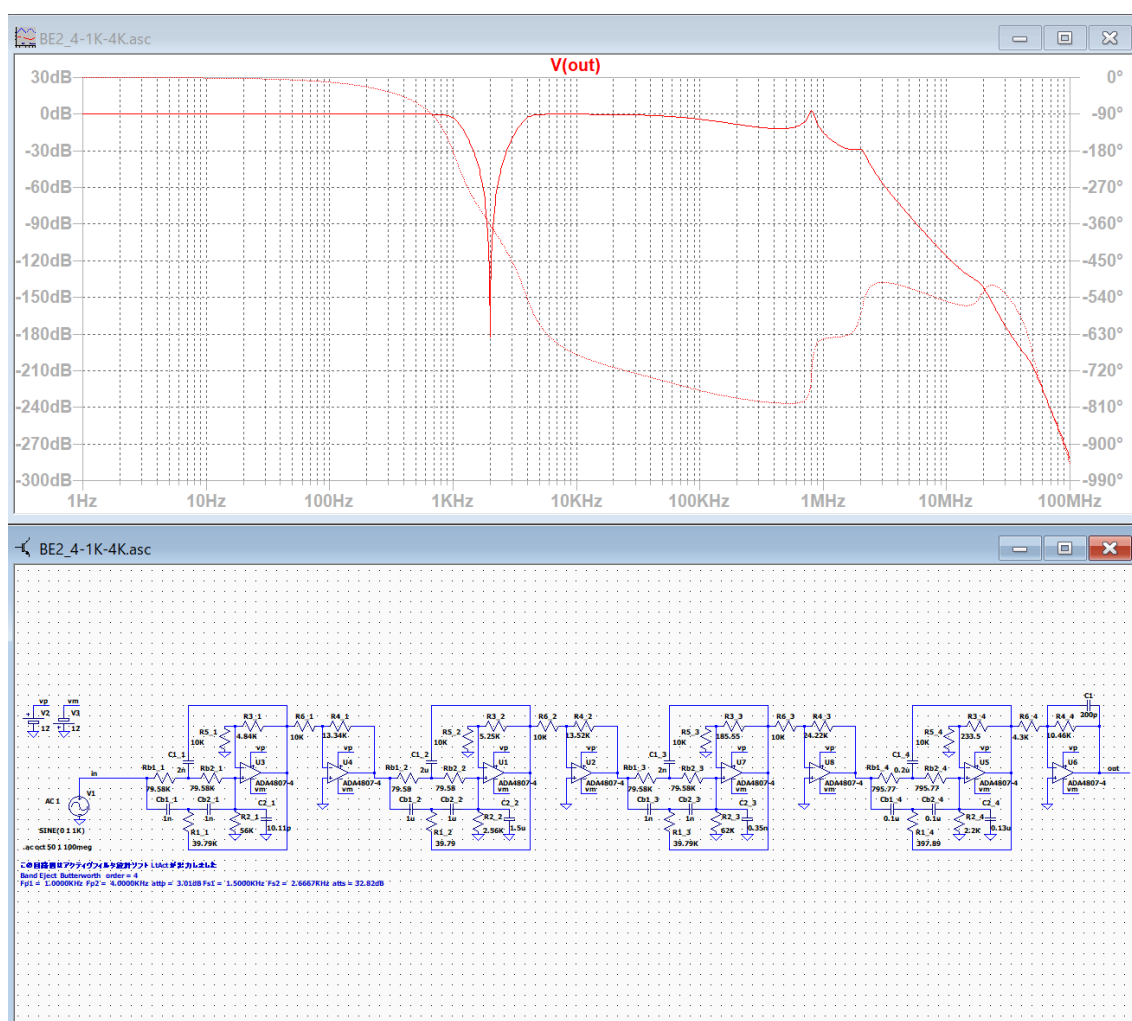
C1\_1=1n, C1\_2=1u, C1\_3=1n, C1\_4=0.1u に設定して回路図ファイルを出力して V(out)を確認します。

最後のブロックでオーバシュートの調整が出来るように、R4\_4 が 10K 程度になるように設定します。



やはり、0.8MHz 付近にオーバシュートがあるので、U6 の R4\_4 に C1 を並列接続して調整します。C1=200p でオーバシュートが治まりました。

### 完成した回路図



3 次 フィルタの設計手順

設計パラメータの入力

フィルタの種類 BEフィルタ 遮断特性 チェビシェフ

設計するフィルタの次数  $m(<=58)$  3

阻止帯域 下端の周波数  $Fp1 : (Fs1 = Fp1 * xs)$  1 KHz

阻止帯域 上端の周波数  $Fp2 : (Fs2 = Fp2 / xs)$  4 KHz

周波数  $Fp1, Fp2$  における減衰量又はリプル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $Fs1$  として、 $Xs = Fs1 / Fp1$  を次の範囲で  
入力して下さい  $1 < Xs < 2.0000$  1.5 倍

OK キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Chebyshev 次数=3

$Fp1 = 1.0000\text{KHz}$   $Fp2 = 4.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$

$Fs1 = 1.5000\text{KHz}$   $Fs2 = 2.6667\text{KHz}$   $atts = 19.33\text{dB}$

2 次式の形式

$$Hn = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$$

2 次式

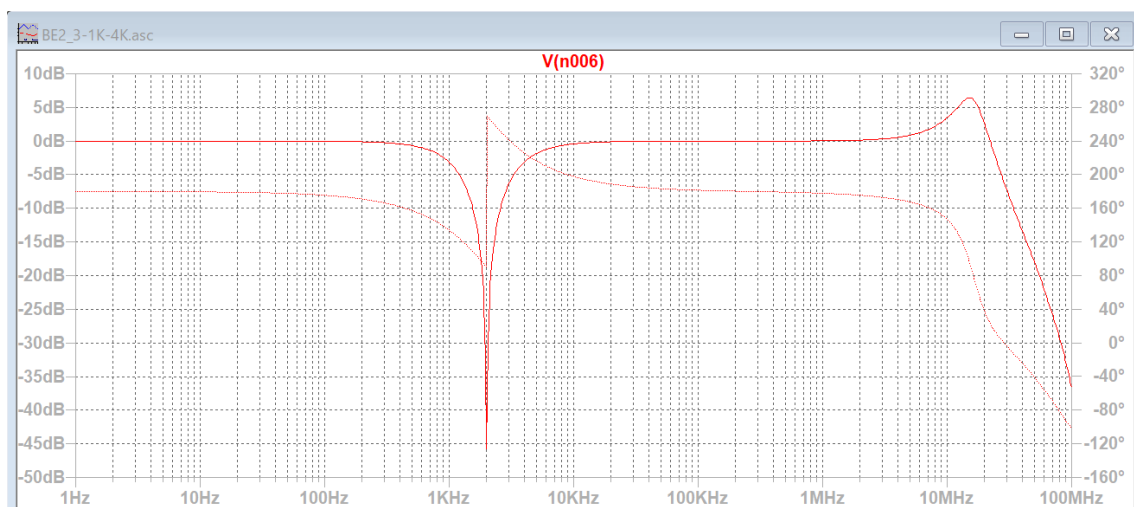
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4
1	19.4444K	157.9137Meg	1.0000	0	157.9137Meg Q= 0.6463
2	7.9951K	447.8851Meg	1.6841	0	265.9458Meg Q= 2.6470
3	2.8189K	55.6766Meg	0.5938	0	93.7662Meg Q= 2.6470

奇数次数フィルタなので、「まとめ BE2(et2)の Cb1\_1 の値」の奇数と偶数を入れ替えて参照しますので、偶数ブロックは周波数 4KHz、奇数ブロックは周波数 1KHz で、対応する Q 値より値を求めます。

第 1 ブロックは  $Fc = \sqrt{Fp1 \cdot Fp2} = 2\text{KHz}$  で偶数ブロック用の表の値を参照します。  
 $C1\_1=0.1\mu$ ,  $C1\_2=1n$ ,  $C1\_3=1\mu$  に設定して V(out)を確認します。

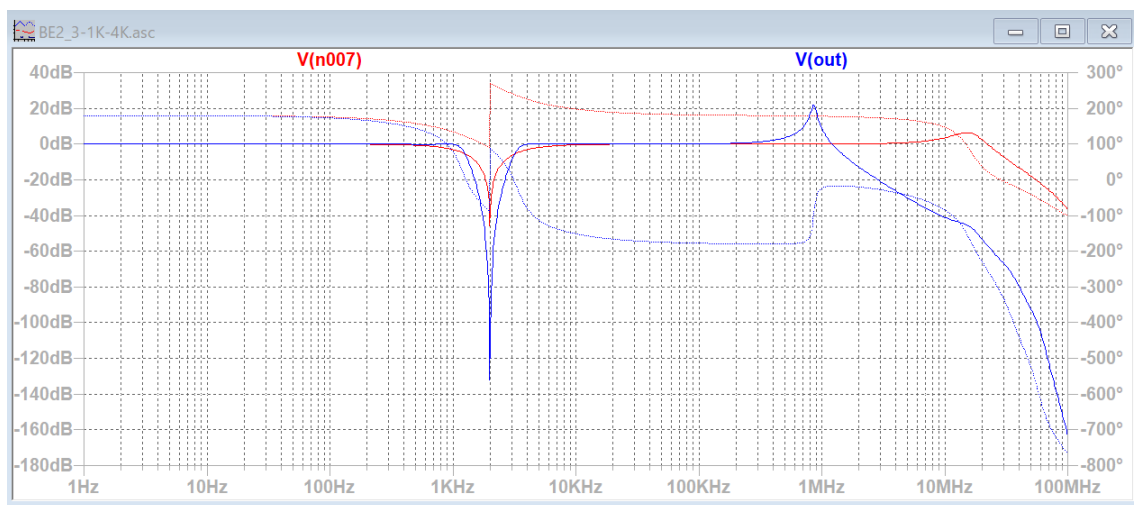
各ブロックでオーバシュートの調整が出来るように、R4\_?が 10K 程度になるように設定します。

U4 の出力を確認します。



奇数次数の BE フィルタでは、1 番目のブロックが 1 次の BE フィルタとして動作していることが確認できました。

V(out)を確認します。



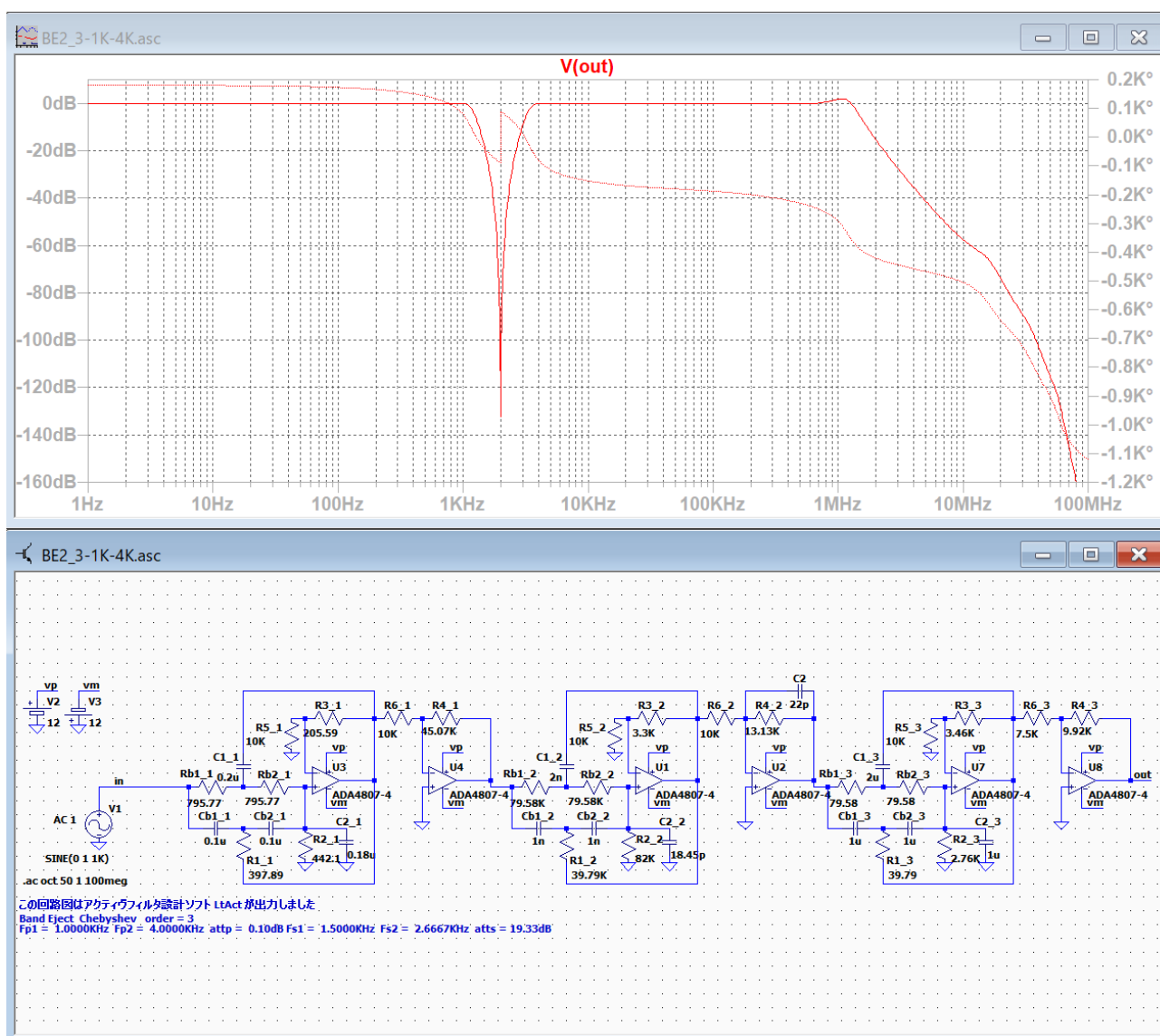
0.8MHz 付近にオーバシュートがあります。

第 2 ブロックの U2 の出力を確認すると、ここでオーバシュートが発生していることが分かります。第 2 ブロックの U2 の R4\_2 に C2 を接続して調整します。

C2=22p でオーバシュートが治まりました。

第一ブロックでは 15MHz 付近にオーバシュートがあります。第 1 ブロックの U4 の R4\_1 に C1=0.2p を接続すれば抑制できますが、これを付けなくても U2 の R4\_2 に C2 を接続するだけで十分です。

# 完成した回路図



バターワース

BE1\_6-10KHz-30KHz.asc

バンドエリミネーション・バターワース 6次 10KHz-30KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 BEフィルタ

遮断特性 バターワース

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  6

阻止帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1} * x_s)$  10 KHz

阻止帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} / x_s)$  30 KHz

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{s1} / F_{p1}$  を次の範囲で 1.5 倍

入力して下さい  $1 < x_s < 1.7321$

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Eject Butterworth 次数=6

$F_{p1} = 10.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 30.0000\text{KHz}$   $\text{attp} = 3.0103\text{dB}$

$F_{s1} = 15.0000\text{KHz}$   $F_{s2} = 20.0000\text{KHz}$   $\text{atts} = 72.25\text{dB}$

2次式の形式

$$P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}$$

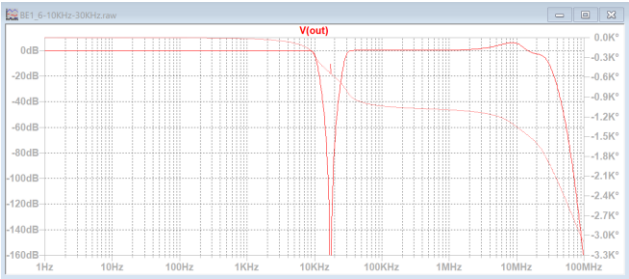
$H_n = \text{-----}$

$$s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}$$

2次式

n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	48.4688K	34.6236G	1.7098	0	20.2501G	Q= 3.8390
2	16.5795K	4.0513G	0.5849	0	6.9268G	Q= 3.8390
3	124.6528K	27.8224G	1.5327	0	18.1526G	Q= 1.3381
4	53.0625K	5.0416G	0.6524	0	7.7272G	Q= 1.3381
5	142.7435K	16.9024G	1.1946	0	14.1487G	Q= 0.9108
6	100.0202K	8.2987G	0.8371	0	9.9139G	Q= 0.9108

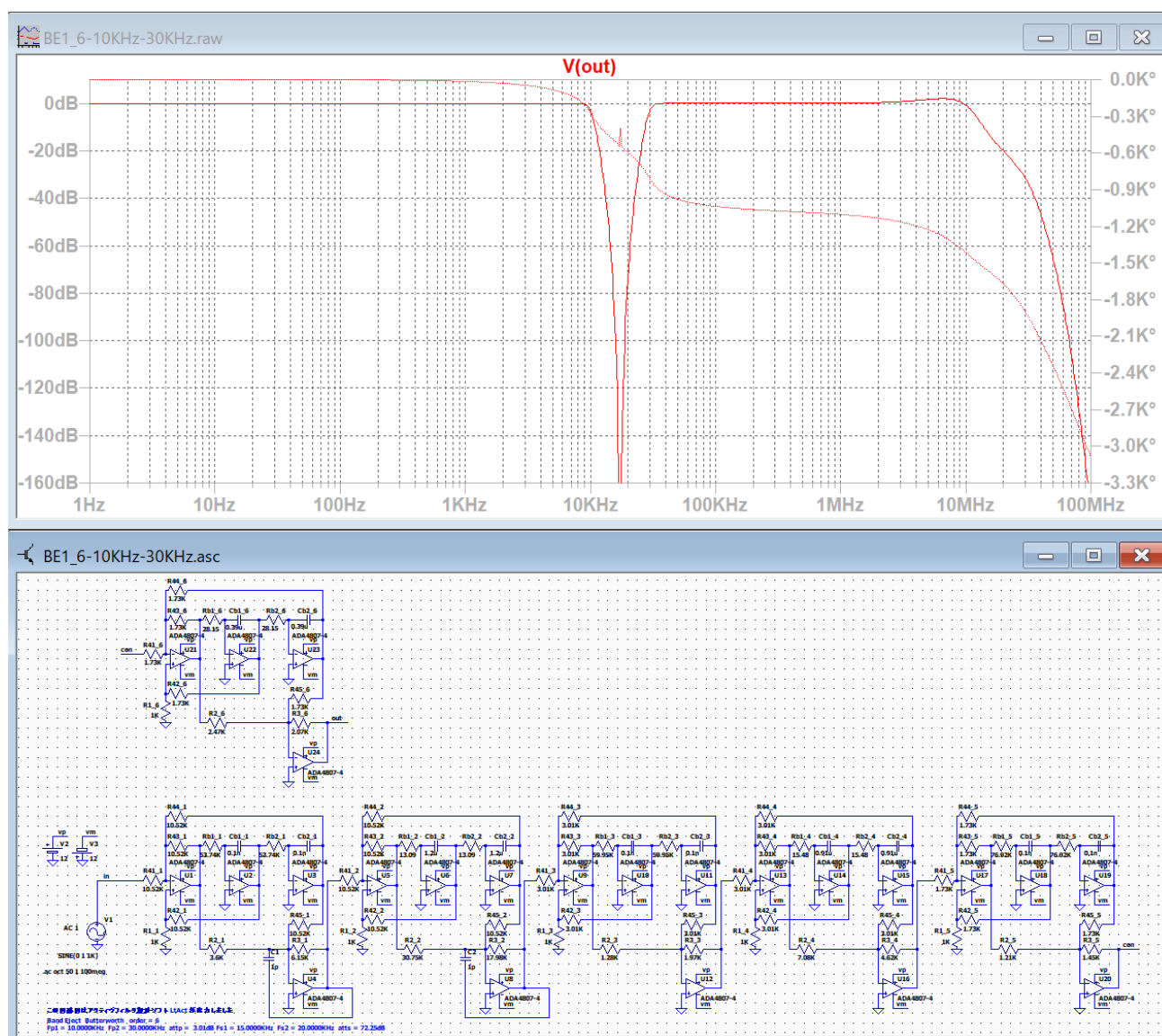
「まとめ BE1(et1)の  $C_{b1\_1}$  の値」の 10KHz を参照して、 $C_{b1\_1} = C_{b1\_3} = C_{b1\_5} = 100\text{p}$ ,  
 $C_{b1\_2} = 1.2\text{u}$ ,  $C_{b1\_4} = 0.9\text{u}$ ,  $C_{b1\_6} = 0.4\text{u}$  を設定して回路図を作成します。



バターワース

BE1\_6-10KHz-30KHz.asc

完成した回路図





\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\バターワース\test\BE1\_6-  
10KHz-30KHz.asc 作成日時 Sun Nov 29 20:43:12 2020

アナログ Band Eject Butterworth 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 3.0103dB

Fs1 = 15.0000KHz Fs2 = 20.0000KHz atts = 72.25dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 53.7420K Cb\_1 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 4.2015 %  
1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 3.5976K R3\_1 = 6.1511K R4\_1 (5 個) = 10.5171K  
誤差 = 4.6600 %  
2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 13.0925 Cb\_2 (2 個) = 1.2000u 誤差 = 0.7068 %  
2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 30.7460K R3\_2 = 17.9822K R4\_2 (5 個) = 10.5171K  
誤差 = 5.1938 %  
3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 59.9518K Cb\_3 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 3.4164 %  
3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 1.2832K R3\_3 = 1.9667K R4\_3 (5 個) = 3.0144K  
誤差 = 2.1944 %  
4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 15.4766 Cb\_4 (2 個) = 0.9100u 誤差 = 3.0794 %  
4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 7.0813K R3\_4 = 4.6201K R4\_4 (5 個) = 3.0144K  
誤差 = 4.3580 %  
5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 76.9175K Cb\_5 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 2.4929 %  
5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 1.2139K R3\_5 = 1.4501K R4\_5 (5 個) = 1.7324K  
誤差 = 5.3266 %  
6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 28.1468 Cb\_6 (2 個) = 0.3900u 誤差 = 4.0744 %  
6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 2.4723K R3\_6 = 2.0695K R4\_6 (5 個) = 1.7324K  
誤差 = 5.9242 %

BE2\_6-10KHz-30KHz.asc

バンドエリミネーション・バターワース 6次 10KHz-30KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 BEフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  6

阻止帯域 下端の周波数  $F_{p1}$ : ( $F_{s1} = F_{p1} \times x_s$ ) 10 KHz

阻止帯域 上端の周波数  $F_{p2}$ : ( $F_{s2} = F_{p2} / x_s$ ) 30 KHz

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{s1} / F_{p1}$  を次の範囲で 1.5 倍

入力して下さい  $1 < x_s < 1.7321$

OK キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Butterworth 次数=6

$F_{p1} = 10.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 30.0000\text{KHz}$   $\text{attp} = 3.0103\text{dB}$

$F_{s1} = 15.0000\text{KHz}$   $F_{s2} = 20.0000\text{KHz}$   $\text{atts} = 72.25\text{dB}$

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

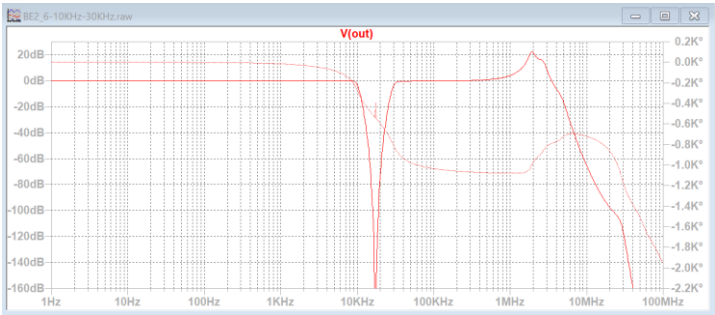
$$Hn = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$$

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

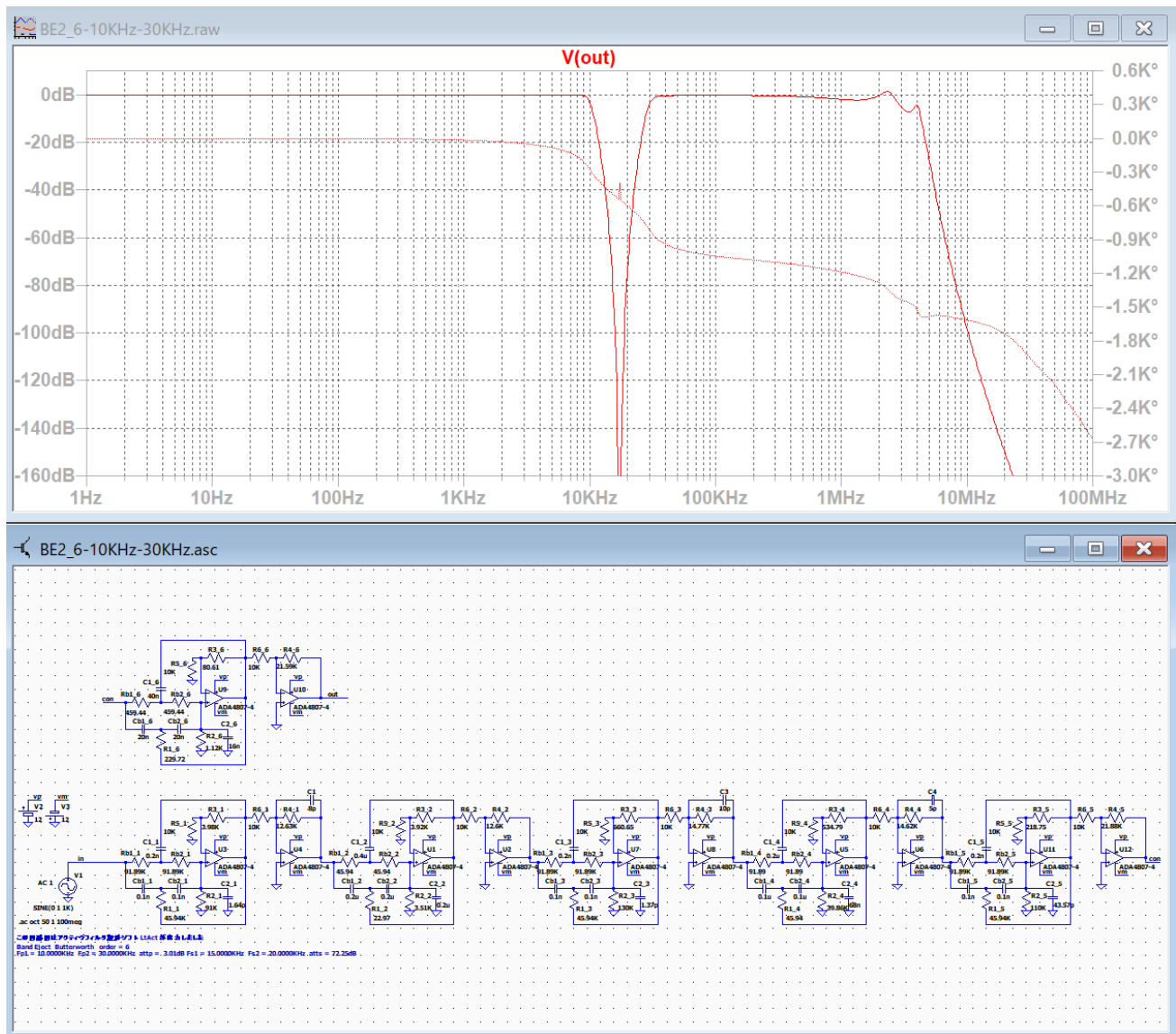
2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	48.4688K	34.6236G	1.7098	0	20.2501G	3.8390
2	16.5795K	4.0513G	0.5849	0	6.9268G	3.8390
3	124.6528K	27.8224G	1.5327	0	18.1526G	1.3381
4	53.0625K	5.0416G	0.6524	0	7.7272G	1.3381
5	142.7435K	16.9024G	1.1946	0	14.1487G	0.9108
6	100.0202K	8.2987G	0.8371	0	9.9139G	0.9108

「まとめ BE2(et2)の Cb1\_1 の値」の 10KHz を参照して、Cb1\_1=Cb1\_3=Cb1\_5=100p, Cb1\_2=0.2u, Cb1\_4=0.1u, Cb1\_6=20n を設定して回路図を作成します。



完成した回路図



高周波数側の帯域は BE1\_10KHz-30KHz.asc よりも狭くなりました。

```
***** 回路の構成と素子値 *****
回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\バターワース\test\BE2_6-
10KHz-30KHz.asc  作成日時 Mon Nov 30 11:30:47 2020
アナログ Band Eject Butterworth  次数=6
Fp1 = 10.0000KHz  Fp2 = 30.0000KHz  attp = 3.0103dB
Fs1 = 15.0000KHz  Fs2 = 20.0000KHz  atts = 72.25dB
  1 (et2) Rb_1 (2 個) = 91.8881K Cb_1 (2 個) = 0.1000n R1_1 = 45.9441K C1_1
= 0.2000n 誤差 = 2.4933 %
  1 R2_1 = 91.0000K C2_1 = 1.6437p 誤差 = 2.6565 %
  1 R3_1 = 3.9810K R5_1 = 10.0000K 誤差 = 2.0335 %
  1 R4_1 = 12.6315K R6_1 = 10.0000K 誤差 = 2.9171 %
  2 (et2) Rb_2 (2 個) = 45.9441 Cb_2 (2 個) = 0.2000u R1_2 = 22.9720 C1_2
= 0.4000u 誤差 = 5.4256 %
  2 R2_2 = 3.5077K C2_2 = 0.2000u 誤差 = 2.6318 %
  2 R3_2 = 3.9229K R5_2 = 10.0000K 誤差 = 0.5836 %
  2 R4_2 = 12.6022K R6_2 = 10.0000K 誤差 = 3.1566 %
  3 (et2) Rb_3 (2 個) = 91.8881K Cb_3 (2 個) = 0.1000n R1_3 = 45.9441K C1_3
= 0.2000n 誤差 = 2.4933 %
  3 R2_3 = 130.0000K C2_3 = 1.3727p 誤差 = 5.2966 %
  3 R3_3 = 660.6501 R5_3 = 10.0000K 誤差 = 2.9289 %
  3 R4_3 = 14.7719K R6_3 = 10.0000K 誤差 = 1.5442 %
  4 (et2) Rb_4 (2 個) = 91.8881 Cb_4 (2 個) = 0.1000u R1_4 = 45.9441 C1_4
= 0.2000u 誤差 = 2.4933 %
  4 R2_4 = 39.8613K C2_4 = 68.0000n 誤差 = 2.1607 %
  4 R3_4 = 534.7949 R5_4 = 10.0000K 誤差 = 4.6363 %
  4 R4_4 = 14.6160K R6_4 = 10.0000K 誤差 = 2.6272 %
  5 (et2) Rb_5 (2 個) = 91.8881K Cb_5 (2 個) = 0.1000n R1_5 = 45.9441K C1_5
= 0.2000n 誤差 = 2.4933 %
  5 R2_5 = 110.0000K C2_5 = 43.5676p 誤差 = 1.3028 %
  5 R3_5 = 218.7487 R5_5 = 10.0000K 誤差 = 0.5720 %
  5 R4_5 = 21.8772K R6_5 = 10.0000K 誤差 = 0.5612 %
  6 (et2) Rb_6 (2 個) = 459.4407 Cb_6 (2 個) = 20.0000n R1_6 = 229.7204 C1_6
= 40.0000n 誤差 = 5.4256 %
  6 R2_6 = 1.1181K C2_6 = 16.0000n 誤差 = 1.6196 %
  6 R3_6 = 80.6077 R5_6 = 10.0000K 誤差 = 1.7273 %
  6 R4_6 = 21.5900K R6_6 = 10.0000K 誤差 = 1.8991 %
```

BE1\_6-100KHz-300KHz.asc

バンドエリミネーション・バターワース 6次 100KHz-300KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類    B Eフィルタ

遮断特性    バターワース

設計するフィルタの次数 m(<=58)    6

阻止帯域    下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1\*xs)    100    KHz

阻止帯域    上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2/xs)    300    KHz

最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fs1/Fp1    1.5    倍

入力して下さい    1 < xs <    1.7321

OK

キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Eject Butterworth 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 3.0103dB

Fs1 =150.0000KHz Fs2 =200.0000KHz atts = 72.25dB

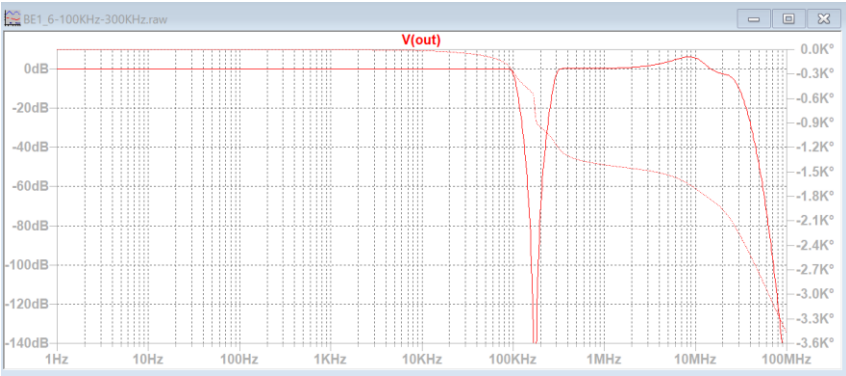
2次式の形式

$$H_n = \frac{P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}}{s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}}$$

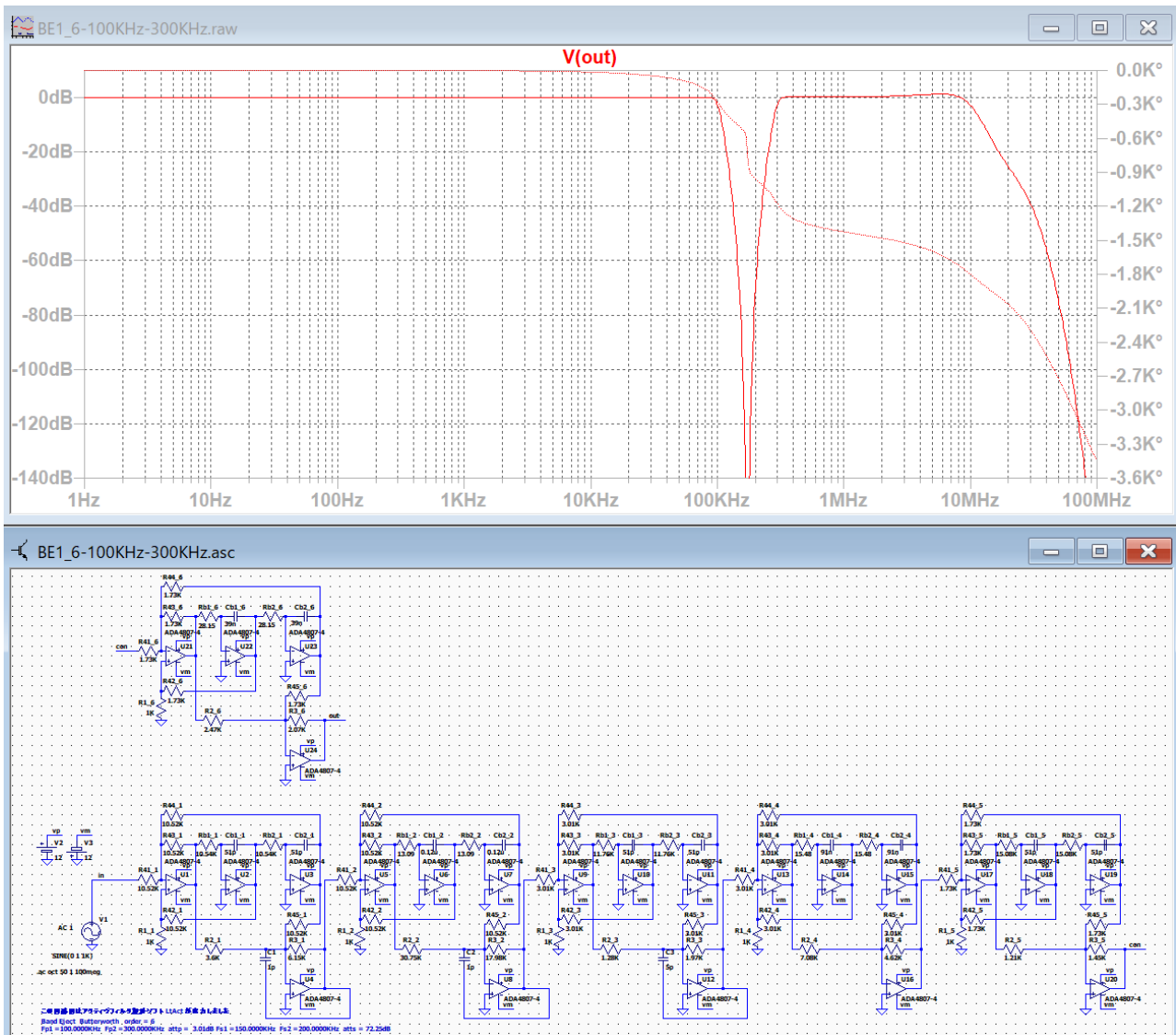
2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	484.6882K	3.4624T	1.7098	0	2.0250T	Q= 3.8390
2	165.7951K	405.1260G	0.5849	0	692.6847G	Q= 3.8390
3	1.2465Meg	2.7822T	1.5327	0	1.8153T	Q= 1.3381
4	530.6250K	504.1580G	0.6524	0	772.7230G	Q= 1.3381
5	1.4274Meg	1.6902T	1.1946	0	1.4149T	Q= 0.9108
6	1.0002Meg	829.8745G	0.8371	0	991.3950G	Q= 0.9108

「まとめ BE1(et1)の Cb1\_1 の値」の 100KHz を参照して、Cb1\_1= Cb1\_3= Cb1\_5=50p, Cb1\_2=120n, Cb1\_4=90n, Cb1\_6=40n を設定して回路図を作成します。



完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\バターワース\test\BE1\_6-  
100KHz-300KHz.asc 作成日時 Mon Nov 30 14:04:26 2020

アナログ Band Eject Butterworth 次数=6

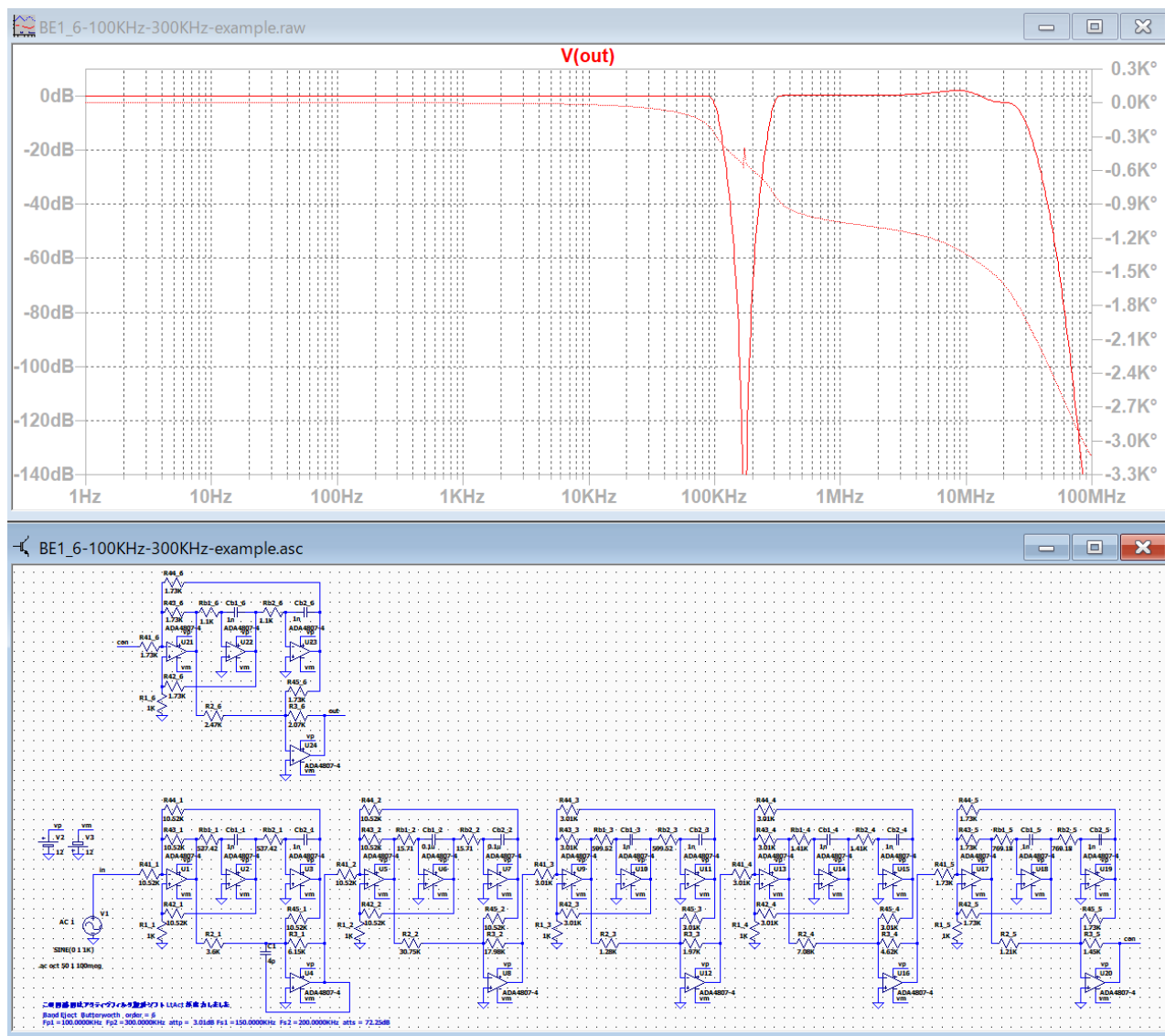
Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 3.0103dB

Fs1 =150.0000KHz Fs2 =200.0000KHz atts = 72.25dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 10.5377K Cb\_1 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 4.3876 %  
1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 3.5976K R3\_1 = 6.1511K R4\_1 (5 個) =  
10.5171K 誤差 = 4.6600 %  
2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 13.0925 Cb\_2 (2 個) = 0.1200u 誤差 = 0.7068 %  
2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 30.7460K R3\_2 = 17.9822K R4\_2 (5 個) =  
10.5171K 誤差 = 5.1938 %  
3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 11.7553K Cb\_3 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 2.0820 %  
3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 1.2832K R3\_3 = 1.9667K R4\_3 (5 個) =  
3.0144K 誤差 = 2.1944 %  
4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 15.4766 Cb\_4 (2 個) = 91.0000n 誤差 = 3.0794 %  
4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 7.0813K R3\_4 = 4.6201K R4\_4 (5 個) =  
3.0144K 誤差 = 4.3580 %  
5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 15.0819K Cb\_5 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 0.5428 %  
5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 1.2139K R3\_5 = 1.4501K R4\_5 (5 個) =  
1.7324K 誤差 = 5.3266 %  
6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 28.1468 Cb\_6 (2 個) = 39.0000n 誤差 = 4.0744 %  
6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 2.4723K R3\_6 = 2.0695K R4\_6 (5 個) =  
1.7324K 誤差 = 5.9242 %

# 調整例の回路図

Cb1\_1= Cb1\_3= Cb1\_5=1n, Cb1\_2=100n, Cb1\_4=Cb1\_6=1n に設定した例では、高周波数側の帯域が少し広くなりました。





\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\バターワース\test\BE1\_6-  
100KHz-300KHz-example.asc 作成日時 Wed Oct 07 05:05:56 2020

アナログ Band Eject Butterworth 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 3.0103dB

Fs1 =150.0000KHz Fs2 =200.0000KHz atts = 72.25dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 537.4203 Cb\_1 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 4.2015 %  
1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 3.5976K R3\_1 = 6.1511K R4\_1 (5 個) = 10.5171K  
誤差 = 4.6600 %  
2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 15.7110 Cb\_2 (2 個) = 0.1000u 誤差 = 1.8392 %  
2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 30.7460K R3\_2 = 17.9822K R4\_2 (5 個) = 10.5171K  
誤差 = 5.1938 %  
3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 599.5182 Cb\_3 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 3.4164 %  
3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 1.2832K R3\_3 = 1.9667K R4\_3 (5 個) = 3.0144K  
誤差 = 2.1944 %  
4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 1.4084K Cb\_4 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 6.5061 %  
4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 7.0813K R3\_4 = 4.6201K R4\_4 (5 個) = 3.0144K  
誤差 = 4.3580 %  
5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 769.1751 Cb\_5 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 2.4929 %  
5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 1.2139K R3\_5 = 1.4501K R4\_5 (5 個) = 1.7324K  
誤差 = 5.3266 %  
6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 1.0977K Cb\_6 (2 個) = 1.0000n 誤差 = 0.2072 %  
6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 2.4723K R3\_6 = 2.0695K R4\_6 (5 個) = 1.7324K  
誤差 = 5.9242 %

BE2\_6-100KHz-300KHz.asc

バンドエリミネーション・バターワース 6次 100KHz-300KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	BEフィルタ	
設計するフィルタの次数 m(<=58)	6	
阻止帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1*xs)	100	KHz
阻止帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2/xs)	300	KHz
最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fs1/Fp1 を次の範囲で入力して下さい	1.5	倍
		OK
		キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Butterworth 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 3.0103dB

Fs1 =150.0000KHz Fs2 =200.0000KHz atts = 72.25dB

2次式の形式

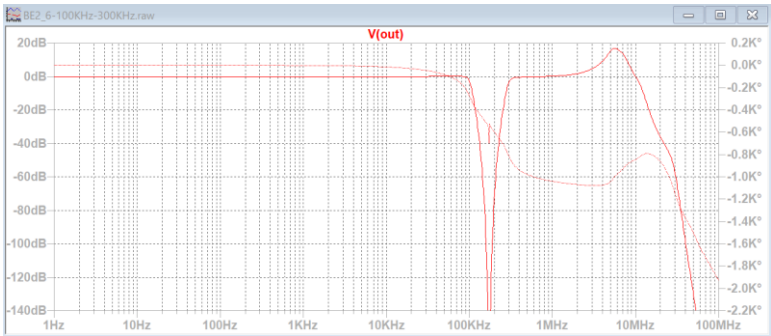
$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$$Hn = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	484.6882K	3.4624T	1.7098	0	2.0250T	Q= 3.8390
2	165.7951K	405.1260G	0.5849	0	692.6847G	Q= 3.8390
3	1.2465Meg	2.7822T	1.5327	0	1.8153T	Q= 1.3381
4	530.6250K	504.1580G	0.6524	0	772.7230G	Q= 1.3381
5	1.4274Meg	1.6902T	1.1946	0	1.4149T	Q= 0.9108
6	1.0002Meg	829.8745G	0.8371	0	991.3950G	Q= 0.9108

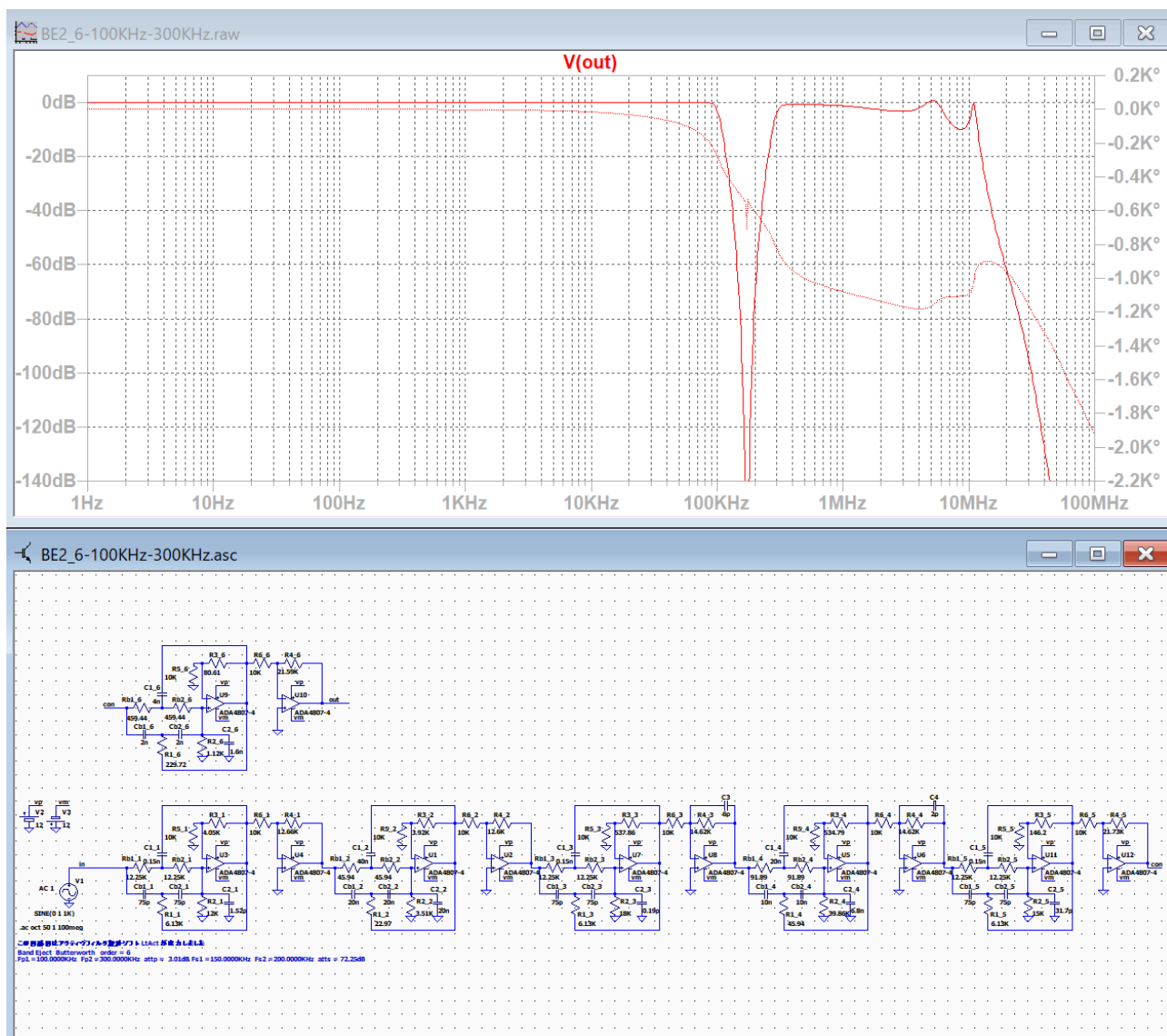
「まとめ BE2(et2)の Cb1\_1 の値」の 100KHz を参照して、Cb1\_1=Cb1\_3= Cb1\_5=75p, Cb1\_2=20n, Cb1\_4=10n, Cb1\_6=2n を設定して回路図を作成します。



バターワース

BE2\_6-100KHz-300KHz.asc

完成した回路図



```
***** 回路の構成と素子値 *****
回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\バターワース\test\BE2_6-
100KHz-300KHz.asc 作成日時 Mon Nov 30 14:36:46 2020
アナログ Band Eject Butterworth 次数=6
Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 3.0103dB
Fs1 =150.0000KHz Fs2 =200.0000KHz atts = 72.25dB
1 (et2) Rb_1 (2 個) = 12.2518K Cb_1 (2 個) = 75.0000p R1_1 = 6.1259K C1_1 =
0.1500n 誤差 = 2.3846 %
1 R2_1 = 12.0000K C2_1 = 1.5206p 誤差 = 1.3537 %
1 R3_1 = 4.0477K R5_1 = 10.0000K 誤差 = 3.6488 %
1 R4_1 = 12.6649K R6_1 = 10.0000K 誤差 = 2.6456 %
2 (et2) Rb_2 (2 個) = 45.9441 Cb_2 (2 個) = 20.0000n R1_2 = 22.9720 C1_2 =
40.0000n 誤差 = 5.4256 %
2 R2_2 = 3.5077K C2_2 = 20.0000n 誤差 = 2.6318 %
2 R3_2 = 3.9229K R5_2 = 10.0000K 誤差 = 0.5836 %
2 R4_2 = 12.6022K R6_2 = 10.0000K 誤差 = 3.1566 %
3 (et2) Rb_3 (2 個) = 12.2518K Cb_3 (2 個) = 75.0000p R1_3 = 6.1259K C1_3 =
0.1500n 誤差 = 2.3846 %
3 R2_3 = 18.0000K C2_3 = 0.1937p 誤差 = 3.2332 %
3 R3_3 = 537.8576 R5_3 = 10.0000K 誤差 = 4.1168 %
3 R4_3 = 14.6198K R6_3 = 10.0000K 誤差 = 2.6003 %
4 (et2) Rb_4 (2 個) = 91.8881 Cb_4 (2 個) = 10.0000n R1_4 = 45.9441 C1_4 =
20.0000n 誤差 = 2.4933 %
4 R2_4 = 39.8613K C2_4 = 6.8000n 誤差 = 2.1607 %
4 R3_4 = 534.7949 R5_4 = 10.0000K 誤差 = 4.6363 %
4 R4_4 = 14.6160K R6_4 = 10.0000K 誤差 = 2.6272 %
5 (et2) Rb_5 (2 個) = 12.2518K Cb_5 (2 個) = 75.0000p R1_5 = 6.1259K C1_5 =
0.1500n 誤差 = 2.3846 %
5 R2_5 = 15.0000K C2_5 = 31.7002p 誤差 = 4.1004 %
5 R3_5 = 146.2005 R5_5 = 10.0000K 誤差 = 2.5988 %
5 R4_5 = 21.7273K R6_5 = 10.0000K 誤差 = 1.2549 %
6 (et2) Rb_6 (2 個) = 459.4407 Cb_6 (2 個) = 2.0000n R1_6 = 229.7204 C1_6 =
4.0000n 誤差 = 5.4256 %
6 R2_6 = 1.1181K C2_6 = 1.6000n 誤差 = 1.6196 %
6 R3_6 = 80.6077 R5_6 = 10.0000K 誤差 = 1.7273 %
6 R4_6 = 21.5900K R6_6 = 10.0000K 誤差 = 1.8991 %
```

# BE1\_6-600KHz-1200KHz.asc

バンドエリミネーション・バターワース 6 次 600KHz-1200KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類

BEフィルタ

遮断特性

バターワース

設計するフィルタの次数 m(<=58)

3

阻止帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1\*xs)

600

KHz

阻止帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2/xs)

1.2

Meg

最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fs1/Fp1 を次の範囲で

1.5

倍

入力して下さい

1 < xs < 1.4142

OK

キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Butterworth 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 3.0103dB

Fs1 =900.0000KHz Fs2 =800.0000KHz atts = 93.38dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

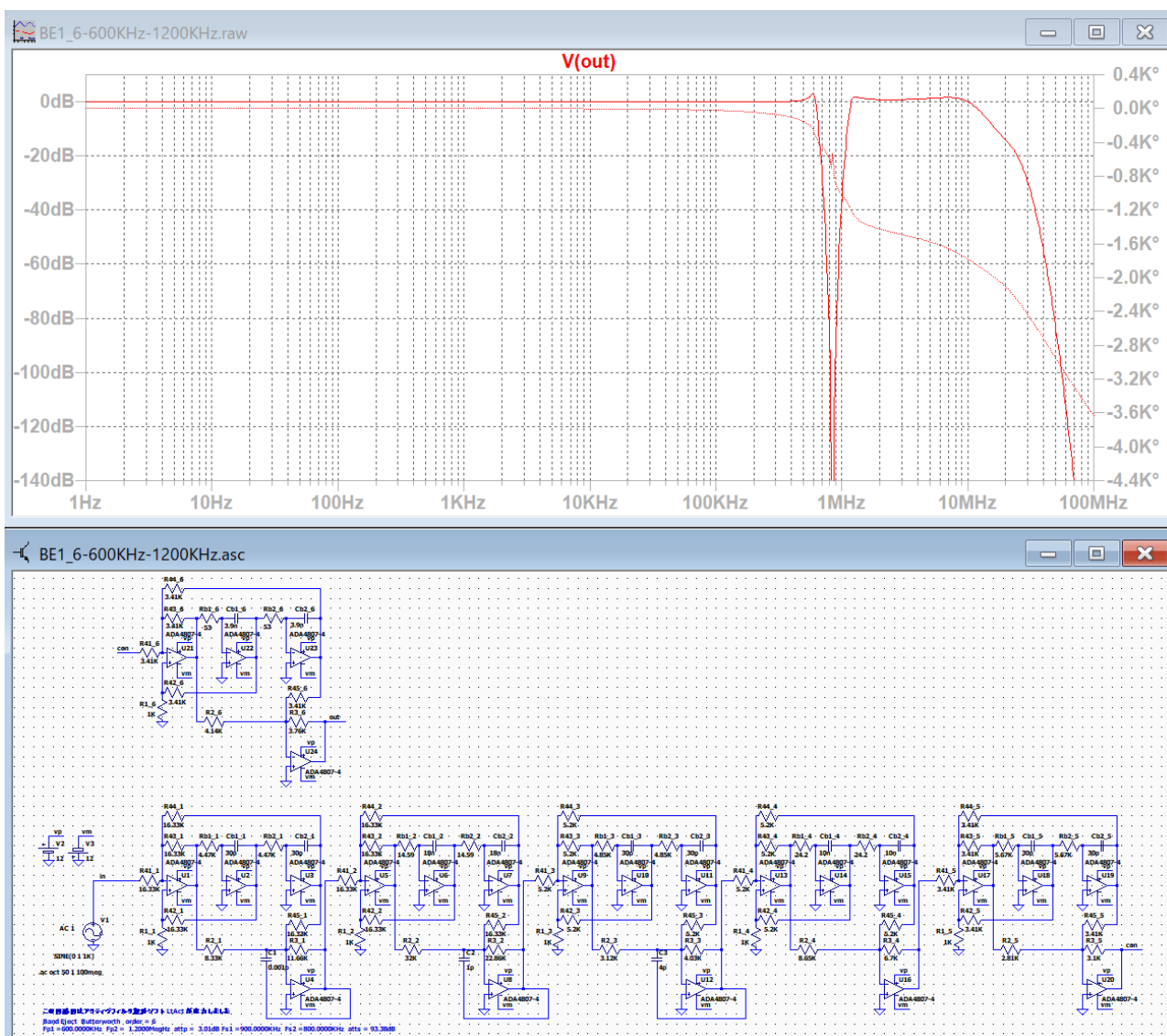
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	1.2921Meg	55.7052T	1.3999	0	39.7918T	Q=	5.7762
2	659.3265K	14.5040T	0.7143	0	20.3044T	Q=	5.7762
3	3.3309Meg	47.3251T	1.2903	0	36.6768T	Q=	2.0653
4	2.0006Meg	17.0723T	0.7750	0	22.0289T	Q=	2.0653
5	3.9941Meg	34.5202T	1.1020	0	31.3244T	Q=	1.4710
6	3.2888Meg	23.4052T	0.9074	0	25.7930T	Q=	1.4710

「まとめ BE1(et1)の Cb1\_1 の値」の 1000KHz を参照して、Cb1\_1=Cb1\_3= Cb1\_5=30p, Cb1\_2=18n, Cb1\_4=10n, Cb1\_6=4n を設定して回路図を作成します。

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\バターワース\test\BE1\_6-  
600KHz-1200KHz.asc 作成日時 Mon Nov 30 16:46:31 2020

アナログ Band Eject Butterworth 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 3.0103dB

Fs1 =900.0000KHz Fs2 =800.0000KHz atts = 93.38dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 4.4661K Cb\_1 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 3.7197 %  
1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 8.3320K R3\_1 = 11.6640K R4\_1 (5 個) = 16.3287K  
誤差 = 3.8544 %  
2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 14.5876 Cb\_2 (2 個) = 18.0000n 誤差 = 2.8272 %  
2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 32.0003K R3\_2 = 22.8587K R4\_2 (5 個) = 16.3287K  
誤差 = 5.2843 %  
3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 4.8454K Cb\_3 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 3.0015 %  
3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 3.1208K R3\_3 = 4.0269K R4\_3 (5 個) = 5.1960K  
誤差 = 5.3219 %  
4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 24.2021 Cb\_4 (2 個) = 10.0000n 誤差 = 0.8352 %  
4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 8.6510K R3\_4 = 6.7045K R4\_4 (5 個) = 5.1960K  
誤差 = 5.6902 %  
5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 5.6734K Cb\_5 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 1.2935 %  
5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 2.8104K R3\_5 = 3.0971K R4\_5 (5 個) = 3.4130K  
誤差 = 6.0180 %  
6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 53.0004 Cb\_6 (2 個) = 3.9000n 誤差 = 3.7744 %  
6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 4.1450K R3\_6 = 3.7613K R4\_6 (5 個) = 3.4130K  
誤差 = 6.2101 %

BE2\_6-600KHz-1200KHz.asc

バンドエリミネーション・バターワース 6次 600KHz-1200KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類    B Eフィルタ

遮断特性    バターワース

設計するフィルタの次数 m(<=58)

3

阻止帯域    下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1\*xs)

600

KHz

阻止帯域    上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2/xs)

1.2

Meg

最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fs1/Fp1 を次の範囲で

1.5

倍

入力して下さい    1 < xs < 1.4142

OK

キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Butterworth 次数=6  
Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 3.0103dB  
Fs1 =900.0000KHz Fs2 =800.0000KHz atts = 93.38dB

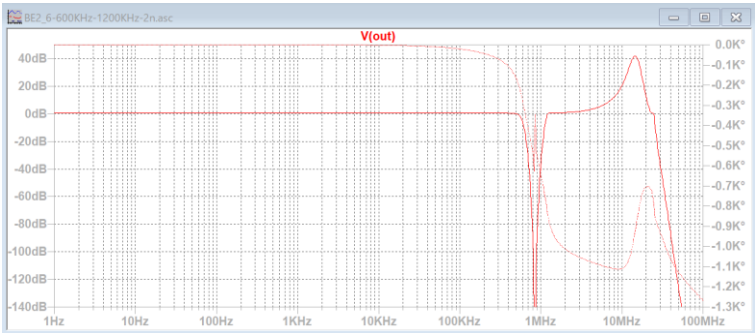
2次式の形式

$$H_n = \frac{P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}}{s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}}$$

2次式

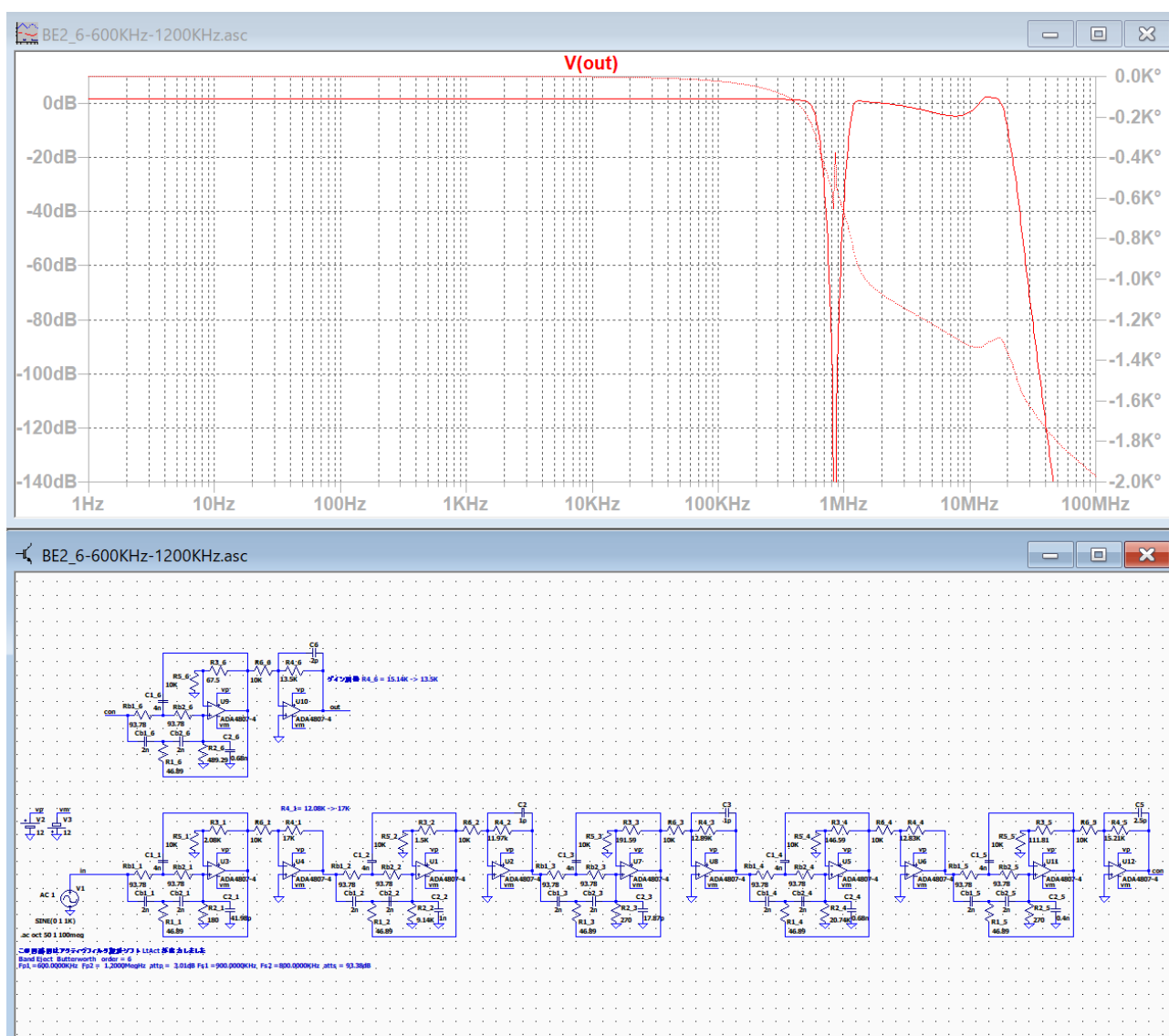
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Q=
1	1.2921Meg	55.7052T	1.3999	0	39.7918T	5.7762
2	659.3265K	14.5040T	0.7143	0	20.3044T	5.7762
3	3.3309Meg	47.3251T	1.2903	0	36.6768T	2.0653
4	2.0006Meg	17.0723T	0.7750	0	22.0289T	2.0653
5	3.9941Meg	34.5202T	1.1020	0	31.3244T	1.4710
6	3.2888Meg	23.4052T	0.9074	0	25.7930T	1.4710

「まとめ BE2(et2)の Cb1\_1 の値」の 1000KHz では、Cb1\_1= Cb1\_3= Cb1\_5=0.2n, Cb1\_2=2n, Cb1\_4=1n, Cb1\_6=0.2n ですが、全て 2n を設定して回路図を作成します。





# 完成した回路図



1.2MHz～19MHz は±3dB の範囲に入っています。

周波数 1MHz の BE2 フィルタの奇数ブロックは  $Cb1\_1 = Cb1\_3 = Cb1\_5 = 0.2n$  を大きめに設定した方が良い結果が得られるようです。

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\バターワース\test\BE2\_6-  
600KHz-1200KHz.asc 作成日時 Mon Nov 30 17:20:01 2020

アナログ Band Eject Butterworth 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 3.0103dB

Fs1 =900.0000KHz Fs2 =800.0000KHz atts = 93.38dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 93.7829 Cb\_1 (2 個) = 2.0000n R1\_1 = 46.8915 C1\_1 =  
4.0000n 誤差 = 3.8871 %

1 R2\_1 = 180.0000 C2\_1 = 41.9798p 誤差 = 2.4301 %

1 R3\_1 = 2.0787K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.7860 %

1 R4\_1 = 12.0765K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 0.6334 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 93.7829 Cb\_2 (2 個) = 2.0000n R1\_2 = 46.8915 C1\_2 =  
4.0000n 誤差 = 3.8871 %

2 R2\_2 = 9.1353K C2\_2 = 1.0000n 誤差 = 0.3866 %

2 R3\_2 = 1.9330K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 3.4664 %

2 R4\_2 = 11.9723K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 0.2311 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 93.7829 Cb\_3 (2 個) = 2.0000n R1\_3 = 46.8915 C1\_3 =  
4.0000n 誤差 = 3.8871 %

3 R2\_3 = 270.0000 C2\_3 = 17.8655p 誤差 = 0.7527 %

3 R3\_3 = 191.5873 R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 4.3911 %

3 R4\_3 = 12.8869K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.8777 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 93.7829 Cb\_4 (2 個) = 2.0000n R1\_4 = 46.8915 C1\_4 =  
4.0000n 誤差 = 3.8871 %

4 R2\_4 = 20.7409K C2\_4 = 0.6800n 誤差 = 3.5721 %

4 R3\_4 = 146.5898 R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 2.3264 %

4 R4\_4 = 12.8319K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 1.3104 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 93.7829 Cb\_5 (2 個) = 2.0000n R1\_5 = 46.8915 C1\_5 =  
4.0000n 誤差 = 3.8871 %

5 R2\_5 = 270.0000 C2\_5 = 0.3954n 誤差 = 1.3743 %

5 R3\_5 = 111.8084 R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.6174 %

5 R4\_5 = 15.2080K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.3674 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 93.7829 Cb\_6 (2 個) = 2.0000n R1\_6 = 46.8915 C1\_6 =  
4.0000n 誤差 = 3.8871 %

6 R2\_6 = 489.2942 C2\_6 = 0.6800n 誤差 = 3.9433 %

6 R3\_6 = 67.5024 R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 0.7372 %

6 R4\_6 = 15.1425K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 0.9410 %

## チェビシェフ

BE1\_6-10KHz-30KHz.asc

バンドエリミネーション・チェビシェフ 6次 10KHz-30KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	バンドパスフィルタ		遮断特性	チェビシェフ
設計するフィルタの次数 m(<=58)	3			
通過帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1/xs)	16	KHz		
通過帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp1*xs)	36	KHz		
周波数Fp1,Fp2における減衰量又はリプル attp	0.1	dB	OK	
最低減衰量に達する周波数をFs1として、Xs = Fp1/Fs1	1.5	倍	キャンセル	

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

Fp1 = 16.0000KHz Fp2 = 36.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 10.6667KHz Fs2 = 54.0000KHz atts = 51.04dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

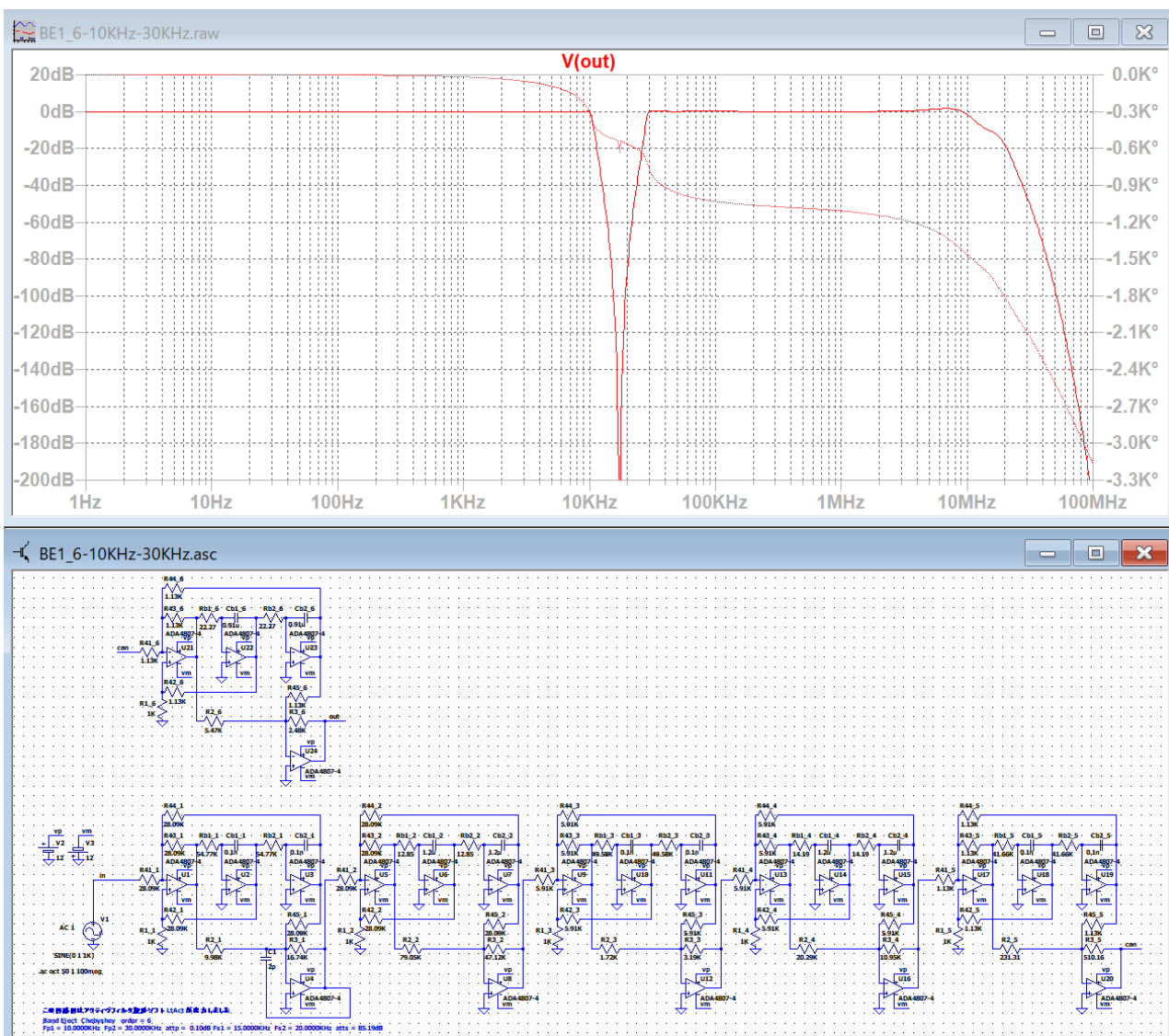
2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	20.2244K	53.4689G	0	204.7816K	0	Q= 11.4334
2	8.6012K	9.6708G	0	87.0907K	0	Q= 11.4334
3	51.5396K	43.0665G	0	144.3145K	0	Q= 4.0265
4	27.2134K	12.0067G	0	76.1995K	0	Q= 4.0265
5	60.1901K	28.8825G	0	72.6795K	0	Q= 2.8235
6	47.3885K	17.9032G	0	57.2216K	0	Q= 2.8235

「まとめ BE1(et1)の Cb1\_1 の値」は Q=5 までなので、第 1 ブロックから第 4 ブロックは 10KHz, Q=5 の値を利用する。

Cb1\_1= Cb1\_3= Cb1\_5=100p, Cb1\_2= Cb1\_4=1.2u, Cb1\_6=0.9u を設定して回路図を作成します。

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\チェビシェフ\test\BE1\_6-  
10KHz-30KHz.asc 作成日時 Tue Dec 01 09:43:32 2020

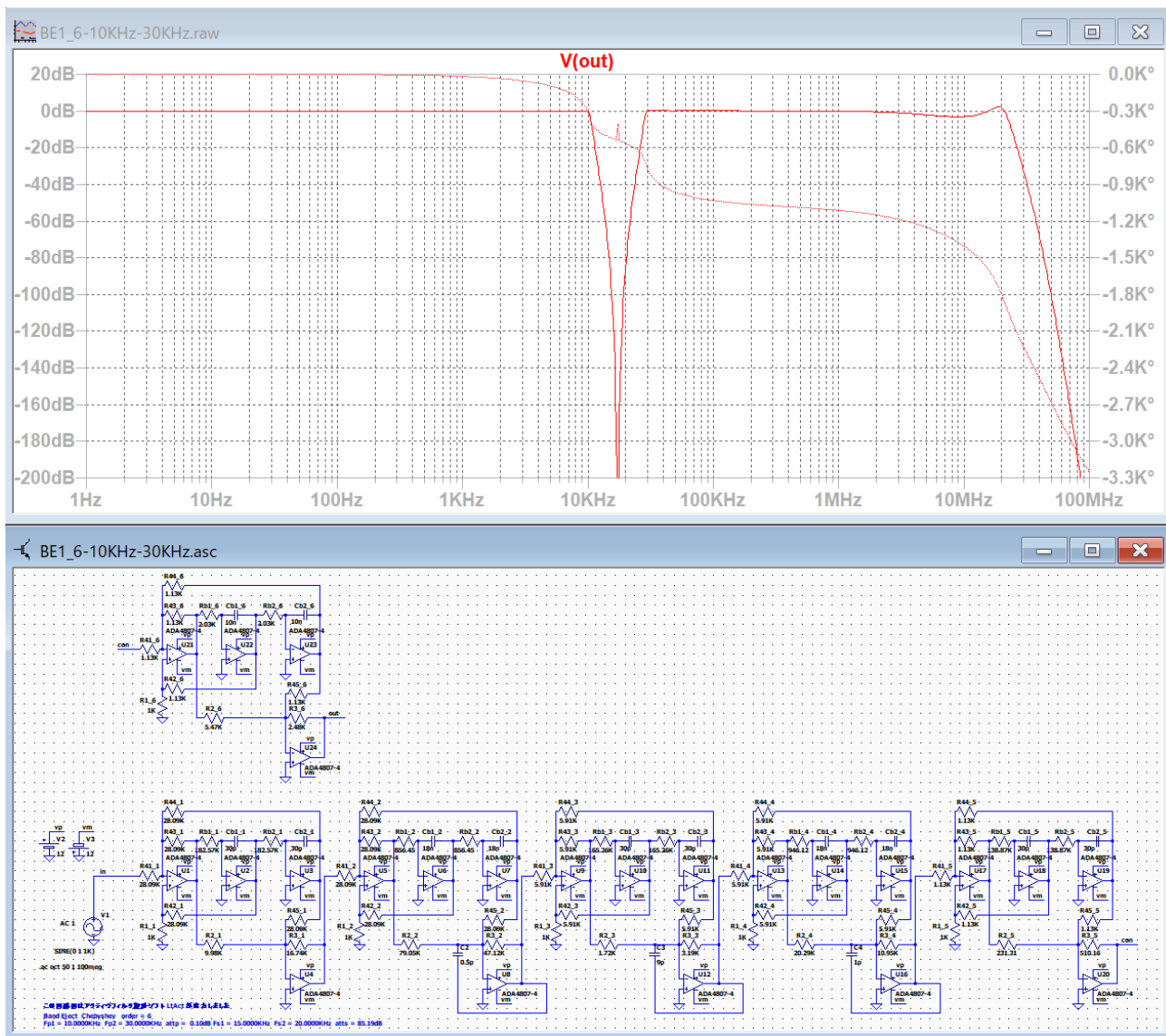
アナログ Band Eject Chebyshev 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 15.0000KHz Fs2 = 20.0000KHz atts = 85.19dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 182.5683K Cb\_1 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 1.4067 %  
1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 9.9781K R3\_1 = 16.7402K R4\_1 (5 個) =  
28.0850K 誤差 = 5.8759 %  
2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 856.4460 Cb\_2 (2 個) = 18.0000n 誤差 = 4.2555 %  
2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 79.0497K R3\_2 = 47.1181K R4\_2 (5 個) =  
28.0850K 誤差 = 5.3774 %  
3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 49.5790 Cb\_3 (2 個) = 0.1000u 誤差 = 2.8661 %  
3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 1.7200K R3\_3 = 3.1878K R4\_3 (5 個) =  
5.9082K 誤差 = 7.6412 %  
4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 170.3025 Cb\_4 (2 個) = 0.1000u 誤差 = 5.6943 %  
4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 20.2946K R3\_4 = 10.9501K R4\_4 (5 個) =  
5.9082K 誤差 = 5.1674 %  
5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 41.6622 Cb\_5 (2 個) = 0.1000u 誤差 = 3.2112 %  
5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 231.3092 R3\_5 = 510.1650 R4\_5 (5 個) =  
1.1252K 誤差 = 4.3740 %  
6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 202.6643 Cb\_6 (2 個) = 0.1000u 誤差 = 1.3146 %  
6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 5.4735K R3\_6 = 2.4817K R4\_6 (5 個) =  
1.1252K 誤差 = 4.6033 %

第1ブロックから第4ブロックは1MHz,  $Q=5$ 、第5ブロックから第6ブロックは1MHz,  $Q=2$  の値を利用して、 $Cb1\_1 = Cb1\_3 = Cb1\_5 = 30p$ ,  $Cb1\_2 = Cb1\_4 = 18n$ ,  $Cb1\_6 = 10n$  を設定した回路図は下図のようになりました。



高域が 20MHz まで広がりました。

BE1 フィルタでは、奇数ブロックは高い周波数の値を試してみる価値がありそうです。

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\チェビシェフ\test\BE1\_6-  
10KHz-30KHz-30p.asc 作成日時 Tue Dec 01 09:44:39 2020

アナログ Band Eject Chebyshev 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 15.0000KHz Fs2 = 20.0000KHz atts = 85.19dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 182.5683K Cb\_1 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 1.4067 %  
1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 9.9781K R3\_1 = 16.7402K R4\_1 (5 個) =  
28.0850K 誤差 = 5.8759 %  
2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 856.4460 Cb\_2 (2 個) = 18.0000n 誤差 = 4.2555 %  
2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 79.0497K R3\_2 = 47.1181K R4\_2 (5 個) =  
28.0850K 誤差 = 5.3774 %  
3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 165.2634K Cb\_3 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 3.1849 %  
3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 1.7200K R3\_3 = 3.1878K R4\_3 (5 個) =  
5.9082K 誤差 = 7.6412 %  
4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 946.1250 Cb\_4 (2 個) = 18.0000n 誤差 = 3.8182 %  
4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 20.2946K R3\_4 = 10.9501K R4\_4 (5 個) =  
5.9082K 誤差 = 5.1674 %  
5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 138.8739K Cb\_5 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 6.3899 %  
5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 231.3092 R3\_5 = 510.1650 R4\_5 (5 個) =  
1.1252K 誤差 = 4.3740 %  
6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 2.0266K Cb\_6 (2 個) = 10.0000n 誤差 = 1.3146 %  
6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 5.4735K R3\_6 = 2.4817K R4\_6 (5 個) =  
1.1252K 誤差 = 4.6033 %

# BE2\_6-10KHz-30KHz.asc

バンドエリミネーション・チェビシェフ 6 次 10KHz-30KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	バンドパスフィルタ		遮断特性	チェビシェフ
設計するフィルタの次数 m(<=58)	3			
通過帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1/xs)	16	KHz		
通過帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp1*xs)	36	KHz		
周波数Fp1,Fp2における減衰量又はリップル attp	0.1	dB	OK	
最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fp1/Fs1	1.5	倍	キャンセル	

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Pass Chebyshev 次数=6

Fp1 = 16.0000KHz Fp2 = 36.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 10.6667KHz Fs2 = 54.0000KHz atts = 51.04dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

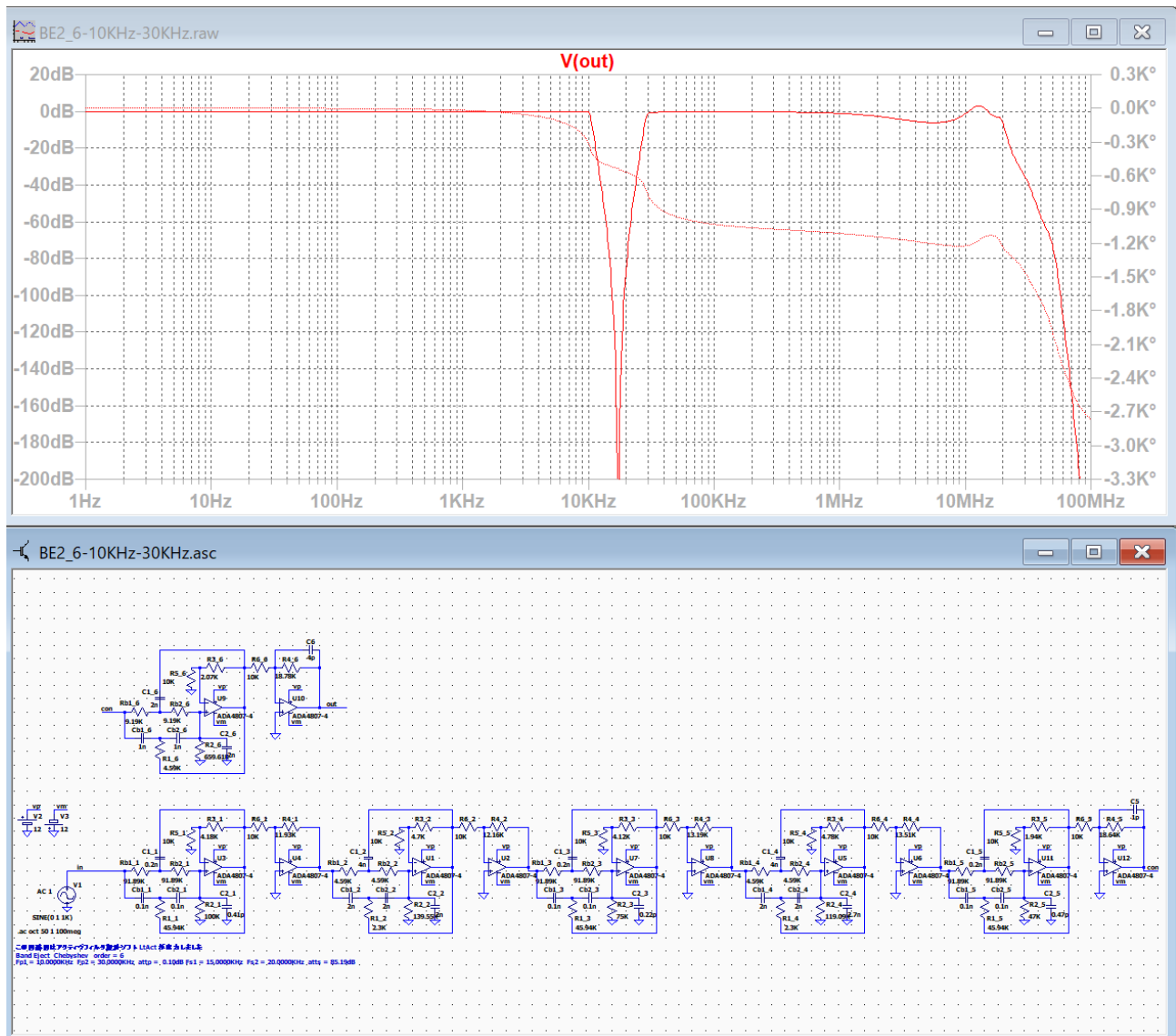
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	20.2244K	53.4689G	0	204.7816K	0	Q= 11.4334
2	8.6012K	9.6708G	0	87.0907K	0	Q= 11.4334
3	51.5396K	43.0665G	0	144.3145K	0	Q= 4.0265
4	27.2134K	12.0067G	0	76.1995K	0	Q= 4.0265
5	60.1901K	28.8825G	0	72.6795K	0	Q= 2.8235
6	47.3885K	17.9032G	0	57.2216K	0	Q= 2.8235

「まとめ BE2(et2)の Cb1\_1 の値」は Q=5 までなので、第 1 ブロックから第 4 ブロックは 10KHz, Q=5 の値を利用する。

Cb1\_1= Cb1\_3= Cb1\_5=100p, Cb1\_2= Cb1\_4=2n, Cb1\_6=1n を設定して回路図を作成します。



完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\チェビシェフ\test\BE2\_6-  
10KHz-30KHz.asc 作成日時 Tue Dec 01 10:37:39 2020

アナログ Band Eject Chebyshev 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 15.0000KHz Fs2 = 20.0000KHz atts = 85.19dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 91.8881K Cb\_1 (2 個) = 0.1000n R1\_1 = 45.9441K C1\_1 =  
0.2000n 誤差 = 2.4933 %

1 R2\_1 = 100.0000K C2\_1 = 0.4104p 誤差 = 4.7741 %

1 R3\_1 = 4.1788K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.9014 %

1 R4\_1 = 11.9296K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 0.5903 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 4.5944K Cb\_2 (2 個) = 2.0000n R1\_2 = 2.2972K C1\_2 =  
4.0000n 誤差 = 5.4256 %

2 R2\_2 = 139.5455K C2\_2 = 2.0000n 誤差 = 6.8405 %

2 R3\_2 = 4.7035K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 0.0747 %

2 R4\_2 = 12.1615K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.3280 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 91.8881K Cb\_3 (2 個) = 0.1000n R1\_3 = 45.9441K C1\_3 =  
0.2000n 誤差 = 2.4933 %

3 R2\_3 = 75.0000K C2\_3 = 0.2239p 誤差 = 1.7312 %

3 R3\_3 = 4.1159K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 4.4721 %

3 R4\_3 = 13.1884K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 1.4286 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 4.5944K Cb\_4 (2 個) = 2.0000n R1\_4 = 2.2972K C1\_4 =  
4.0000n 誤差 = 5.4256 %

4 R2\_4 = 119.0936K C2\_4 = 2.7000n 誤差 = 0.7611 %

4 R3\_4 = 4.7755K R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 1.5812 %

4 R4\_4 = 13.5113K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 3.7844 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 91.8881K Cb\_5 (2 個) = 0.1000n R1\_5 = 45.9441K C1\_5 =  
0.2000n 誤差 = 2.4933 %

5 R2\_5 = 47.0000K C2\_5 = 0.4694p 誤差 = 0.1325 %

5 R3\_5 = 1.9421K R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.9789 %

5 R4\_5 = 18.6420K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 3.4440 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 9.1888K Cb\_6 (2 個) = 1.0000n R1\_6 = 4.5944K C1\_6 =  
2.0000n 誤差 = 2.4933 %

6 R2\_6 = 659.6061K C2\_6 = 2.0000n 誤差 = 3.0918 %

6 R3\_6 = 2.0692K R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 3.3444 %

6 R4\_6 = 18.7834K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 4.1706 %

BE1\_6-100KHz-300KHz.asc

バンドエリミネーション・チェビシェフ 6 次 100KHz-300KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 BEフィルタ

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

遮断特性 チェビシェフ

阻止帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1} * X_s)$  100 KHz

阻止帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} / X_s)$  300 KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $X_s = F_{s1} / F_{p1}$  を次の範囲で  
入力して下さい  $1 < X_s < 1.7321$  1.5 倍

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Eject Chebyshev 次数=6

$F_{p1} = 100.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 300.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$

$F_{s1} = 150.0000\text{KHz}$   $F_{s2} = 200.0000\text{KHz}$   $atts = 85.19\text{dB}$

2 次式の形式

$$H_n = \frac{P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}}{s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}}$$

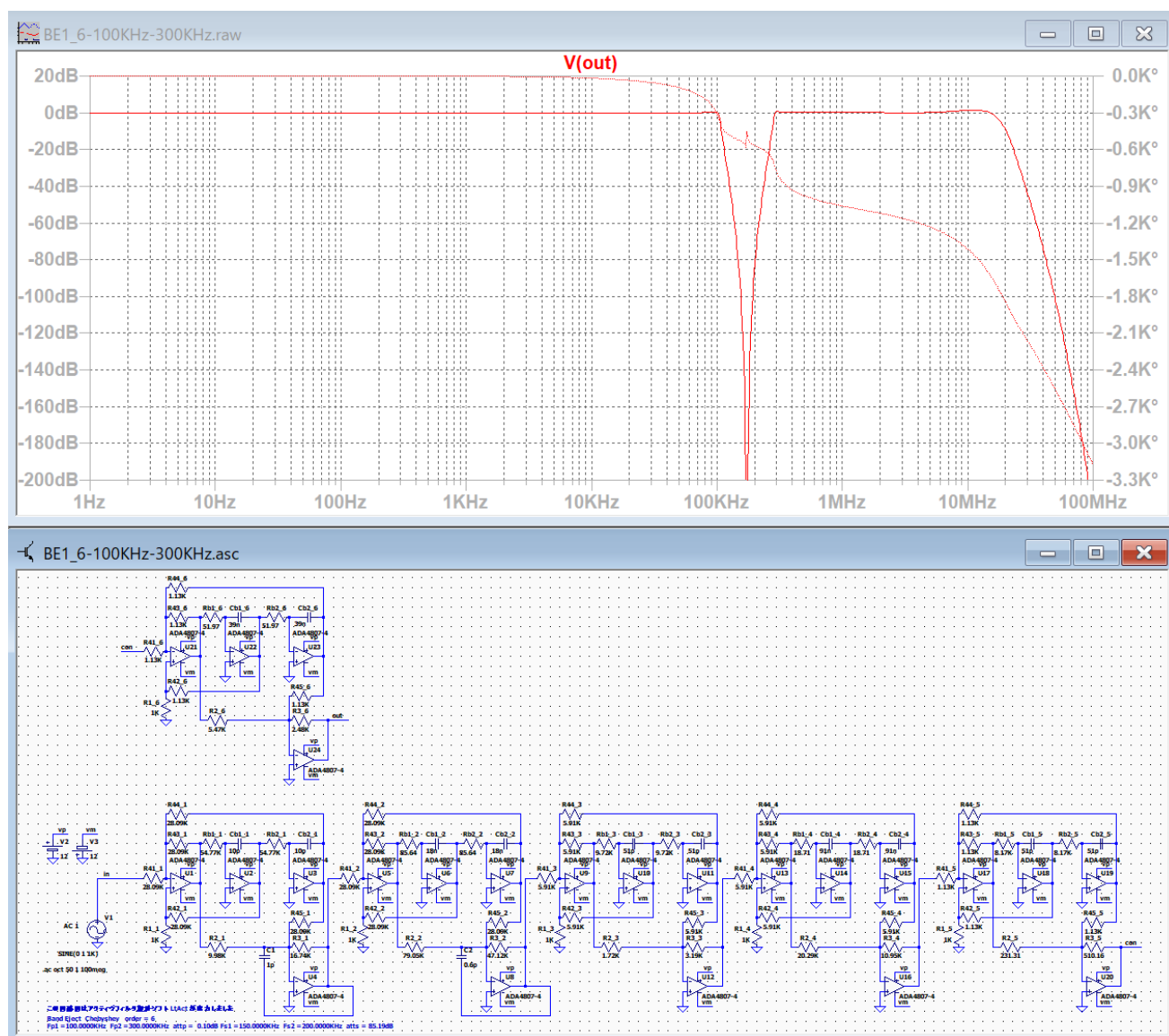
2 次式

n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	188.3240K	3.3335T	1.6777	0	1.9870T	$Q = 9.6950$
2	66.9082K	420.7800G	0.5961	0	705.9404G	$Q = 9.6950$
3	875.9042K	4.0682T	1.8534	0	2.1950T	$Q = 2.3027$
4	254.9961K	344.7926G	0.5396	0	639.0274G	$Q = 2.3027$
5	3.3883Meg	5.7612T	2.2056	0	2.6122T	$Q = 0.7084$
6	696.5383K	243.4701G	0.4534	0	536.9864G	$Q = 0.7084$

「まとめ BE1(et1)の  $C_{b1\_1}$  の値」は  $Q=5$  までなので、第 1 と第 2 ブロックは 1000KHz,  $Q=5$  の値を参考にして調整する。

$C_{b1\_1} = 10\text{p}$ ,  $C_{b1\_3} = C_{b1\_5} = 50\text{p}$ ,  $C_{b1\_2} = 18\text{n}$ ,  $C_{b1\_4} = 90\text{n}$ ,  $C_{b1\_6} = 40\text{n}$  を設定して回路図を作成します。

完成した回路図



BE1 フィルタでは、Q 値の高い奇数ブロックは高い周波数の値を試してみる価値がありそうです。

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\チェビシェフ\test\BE1\_6-  
100KHz-300KHz.asc 作成日時 Tue Dec 01 11:32:42 2020

アナログ Band Eject Chebyshev 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 =150.0000KHz Fs2 =200.0000KHz atts = 85.19dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 54.7705K Cb\_1 (2 個) = 10.0000p 誤差 = 2.2449 %  
1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 9.9781K R3\_1 = 16.7402K R4\_1 (5 個) = 28.0850K  
誤差 = 5.8759 %  
2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 85.6446 Cb\_2 (2 個) = 18.0000n 誤差 = 4.2555 %  
2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 79.0497K R3\_2 = 47.1181K R4\_2 (5 個) = 28.0850K  
誤差 = 5.3774 %  
3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 9.7214K Cb\_3 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 2.8661 %  
3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 1.7200K R3\_3 = 3.1878K R4\_3 (5 個) = 5.9082K  
誤差 = 7.6412 %  
4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 18.7146 Cb\_4 (2 個) = 91.0000n 誤差 = 3.8182 %  
4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 20.2946K R3\_4 = 10.9501K R4\_4 (5 個) = 5.9082K  
誤差 = 5.1674 %  
5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 8.1691K Cb\_5 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 0.3789 %  
5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 231.3092 R3\_5 = 510.1650 R4\_5 (5 個) = 1.1252K  
誤差 = 4.3740 %  
6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 51.9652 Cb\_6 (2 個) = 39.0000n 誤差 = 1.8574 %  
6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 5.4735K R3\_6 = 2.4817K R4\_6 (5 個) = 1.1252K  
誤差 = 4.6033 %

# BE2\_6-100KHz-300KHz.asc

バンドエリミネーション・チェビシェフ 6 次 100KHz-300KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類

BEフィルタ

設計するフィルタの次数 m(<=58)

6

遮断特性

チェビシェフ

阻止帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1\*xs)

100

KHz

阻止帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2/xs)

300

KHz

周波数Fp1,Fp2における減衰量又はリプル attp

0.1

dB

最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fs1/Fp1 を次の範囲で

1.5

倍

入力して下さい

1 < xs < 1.7321

OK

キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アノク Band Eject Chebyshev 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 =150.0000KHz Fs2 =200.0000KHz atts = 85.19dB

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

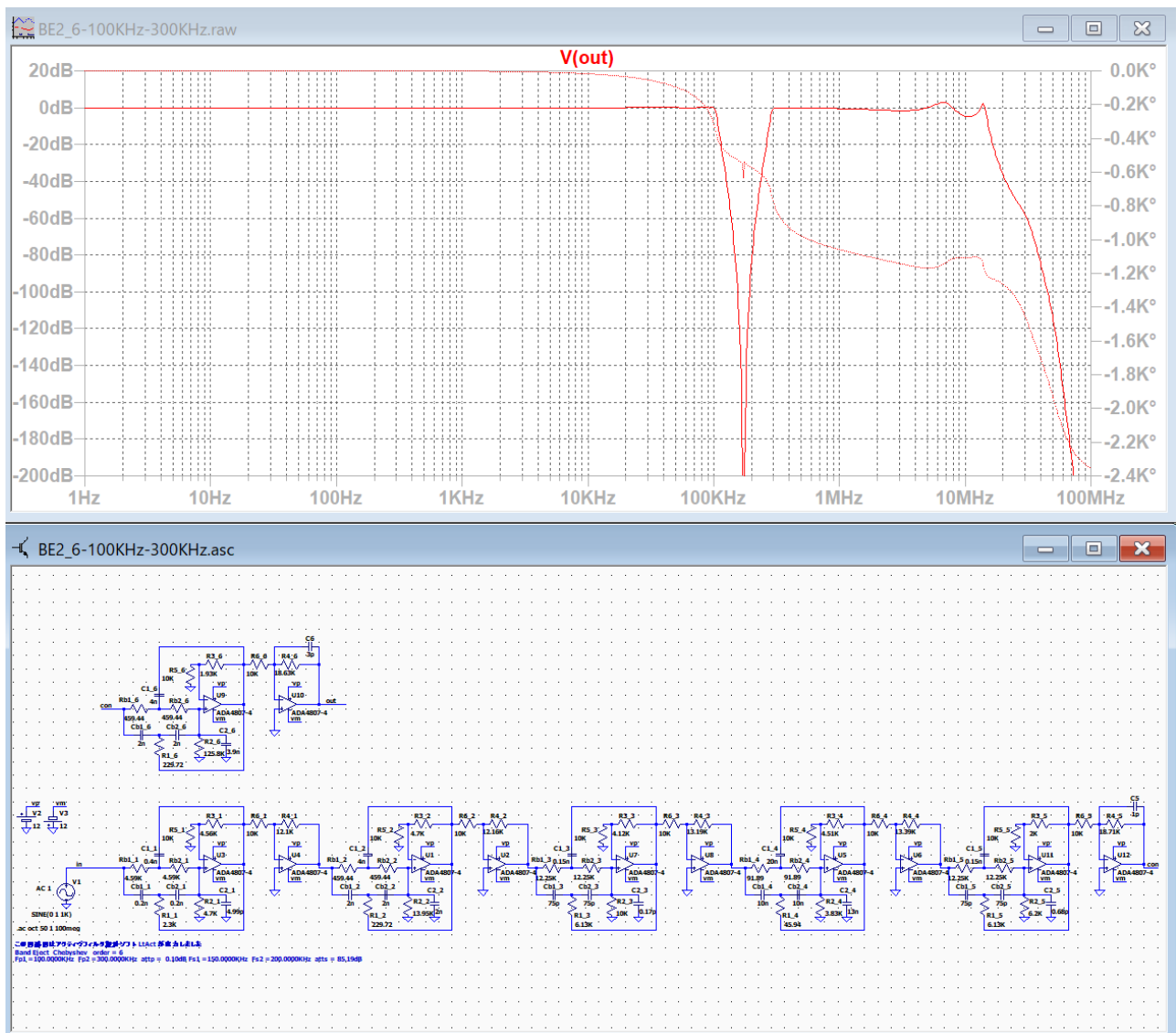
2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	188.3240K	3.3335T	1.6777	0	1.9870T	Q=	9.6950
2	66.9082K	420.7800G	0.5961	0	705.9404G	Q=	9.6950
3	875.9042K	4.0682T	1.8534	0	2.1950T	Q=	2.3027
4	254.9961K	344.7926G	0.5396	0	639.0274G	Q=	2.3027
5	3.3883Meg	5.7612T	2.2056	0	2.6122T	Q=	0.7084
6	696.5383K	243.4701G	0.4534	0	536.9864G	Q=	0.7084

「まとめ BE2(et2)の Cb1\_1 の値」は Q=5 までなので、第 1～第 2 ブロックは 1000KHz, Q=5 の値を参考にして調整する。

Cb1\_1=200p , Cb1\_3= Cb1\_5=75p, Cb1\_2= 2n, Cb1\_4=10n, Cb1\_6=2n を設定して回路図を作成します。

# 完成した回路図



BE2 フィルタでも、Q 値の高い奇数ブロックは高い周波数の値を試してみる価値がありそうです。

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\チェビシェフ\test\BE2\_6-100KHz-300KHz.asc 作成日時 Tue Dec 01 11:47:18 2020

アナログ Band Eject Chebyshev 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 =150.0000KHz Fs2 =200.0000KHz atts = 85.19dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 4.5944K Cb\_1 (2 個) = 0.2000n R1\_1 = 2.2972K C1\_1 = 0.4000n 誤差 = 5.4256 %

1 R2\_1 = 4.7000K C2\_1 = 4.9884p 誤差 = 2.2367 %

1 R3\_1 = 4.5582K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.1114 %

1 R4\_1 = 12.0989K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 0.8178 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 459.4407 Cb\_2 (2 個) = 2.0000n R1\_2 = 229.7204 C1\_2 = 4.0000n 誤差 = 5.4256 %

2 R2\_2 = 13.9546K C2\_2 = 2.0000n 誤差 = 6.8405 %

2 R3\_2 = 4.7035K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 0.0747 %

2 R4\_2 = 12.1615K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.3280 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 12.2518K Cb\_3 (2 個) = 75.0000p R1\_3 = 6.1259K C1\_3 = 0.1500n 誤差 = 2.3846 %

3 R2\_3 = 10.0000K C2\_3 = 0.1679p 誤差 = 4.7091 %

3 R3\_3 = 4.1159K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 4.4721 %

3 R4\_3 = 13.1884K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 1.4286 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 91.8881 Cb\_4 (2 個) = 10.0000n R1\_4 = 45.9441 C1\_4 = 20.0000n 誤差 = 2.4933 %

4 R2\_4 = 3.8252K C2\_4 = 13.0000n 誤差 = 1.9562 %

4 R3\_4 = 4.5113K R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 4.1826 %

4 R4\_4 = 13.3855K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 2.8799 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 12.2518K Cb\_5 (2 個) = 75.0000p R1\_5 = 6.1259K C1\_5 = 0.1500n 誤差 = 2.3846 %

5 R2\_5 = 6.2000K C2\_5 = 0.6762p 誤差 = 0.5690 %

5 R3\_5 = 2.0016K R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 0.0795 %

5 R4\_5 = 18.7085K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 3.7872 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 459.4407 Cb\_6 (2 個) = 2.0000n R1\_6 = 229.7204 C1\_6 = 4.0000n 誤差 = 5.4256 %

6 R2\_6 = 125.8003K C2\_6 = 3.9000n 誤差 = 3.3384 %

6 R3\_6 = 1.9278K R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 3.7442 %

6 R4\_6 = 18.6259K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 3.3604 %



BE1\_6-600KHz-1200KHz.asc


バンドエリミネーション・チェビシェフ 6次 600KHz-1200KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	BEフィルタ		遮断特性	チェビシェフ
設計するフィルタの次数 $m(\leq 58)$	<input type="text" value="6"/>			
阻止帯域 下端の周波数 $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1} * x_s)$	<input type="text" value="600"/>	<input type="text" value="KHz"/>		
阻止帯域 上端の周波数 $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} / x_s)$	<input type="text" value="1.2"/>	<input type="text" value="Meg"/>		
周波数 $F_{p1}, F_{p2}$ における減衰量又はリプル $attp$	<input type="text" value="0.1"/>	<input type="text" value="dB"/>		
最低減衰量に達する周波数を $F_{s1}$ として、 $X_s = F_{s1} / F_{p1}$ を次の範囲で				
入力して下さい $1 < X_s < 1.4142$				
	<input type="text" value="1.5"/>	<input type="text" value="倍"/>	<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="キャンセル"/>

$X_s$  がデフォルトの 1.5 のままで「OK」を入力すると、次のメッセージが表示されます。

アクティブフィルタの設計プログラム

 **acosh 関数の引数が異常です!!**

$F_{s1} = 600 * 1.5 = 900\text{KHz} > F_{s2} = 1200 / 1.5 = 800\text{KHz}$  となるためです。

パラメータの入力ダイアログの最下行に表示されている範囲の数値に変更する必要があります。 $X_s$  の最大値は 1.4142 ですが、ここでは  $X_s = 1.3$  に設定しました。

設計パラメータの入力

フィルタの種類	BEフィルタ		遮断特性	チェビシェフ
設計するフィルタの次数 $m(\leq 58)$	<input type="text" value="6"/>			
阻止帯域 下端の周波数 $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1} * x_s)$	<input type="text" value="600"/>	<input type="text" value="KHz"/>		
阻止帯域 上端の周波数 $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} / x_s)$	<input type="text" value="1.2"/>	<input type="text" value="Meg"/>		
周波数 $F_{p1}, F_{p2}$ における減衰量又はリプル $attp$	<input type="text" value="0.1"/>	<input type="text" value="dB"/>		
最低減衰量に達する周波数を $F_{s1}$ として、 $X_s = F_{s1} / F_{p1}$ を次の範囲で				
入力して下さい $1 < X_s < 1.4142$				
	<input type="text" value="1.3"/>	<input type="text" value="倍"/>	<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="キャンセル"/>

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Eject Chebyshev 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =780.0000KHz Fs2 =923.0769KHz atts = 87.73dB

2 次式の形式

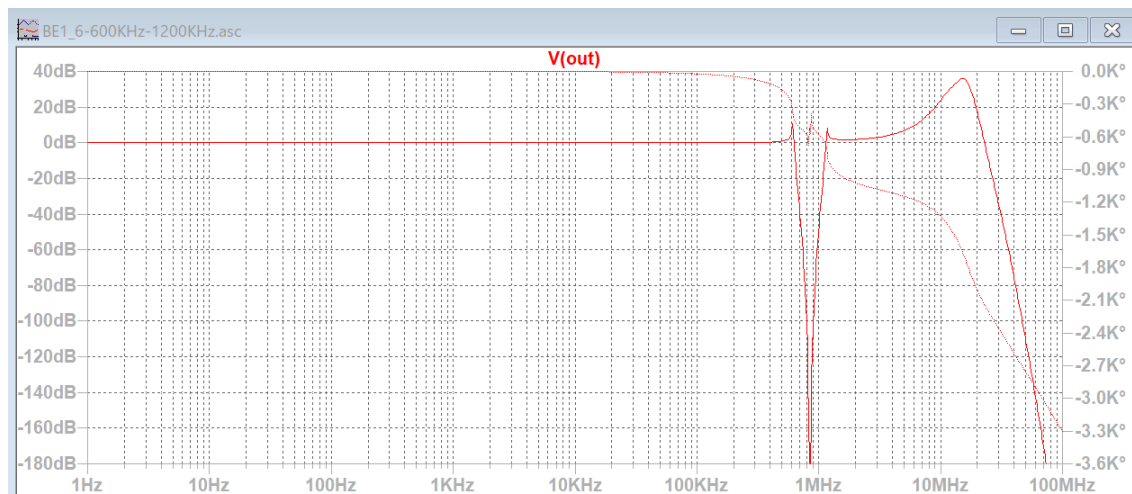
$$H_n = \frac{P_{n_2} * s^2 + P_{n_3} * s + P_{n_4}}{s^2 + P_{n_0} * s + P_{n_1}}$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	503.1306K	54.4671T	1.3843	0	39.3472T	Q= 14.6685
2	262.5660K	14.8337T	0.7224	0	20.5339T	Q= 14.6685
3	2.3223Meg	61.6711T	1.4730	0	41.8685T	Q= 3.3816
4	1.0704Meg	13.1009T	0.6789	0	19.2973T	Q= 3.3816
5	8.6251Meg	67.5487T	1.5416	0	43.8182T	Q= 0.9529
6	3.6294Meg	11.9610T	0.6487	0	18.4387T	Q= 0.9529

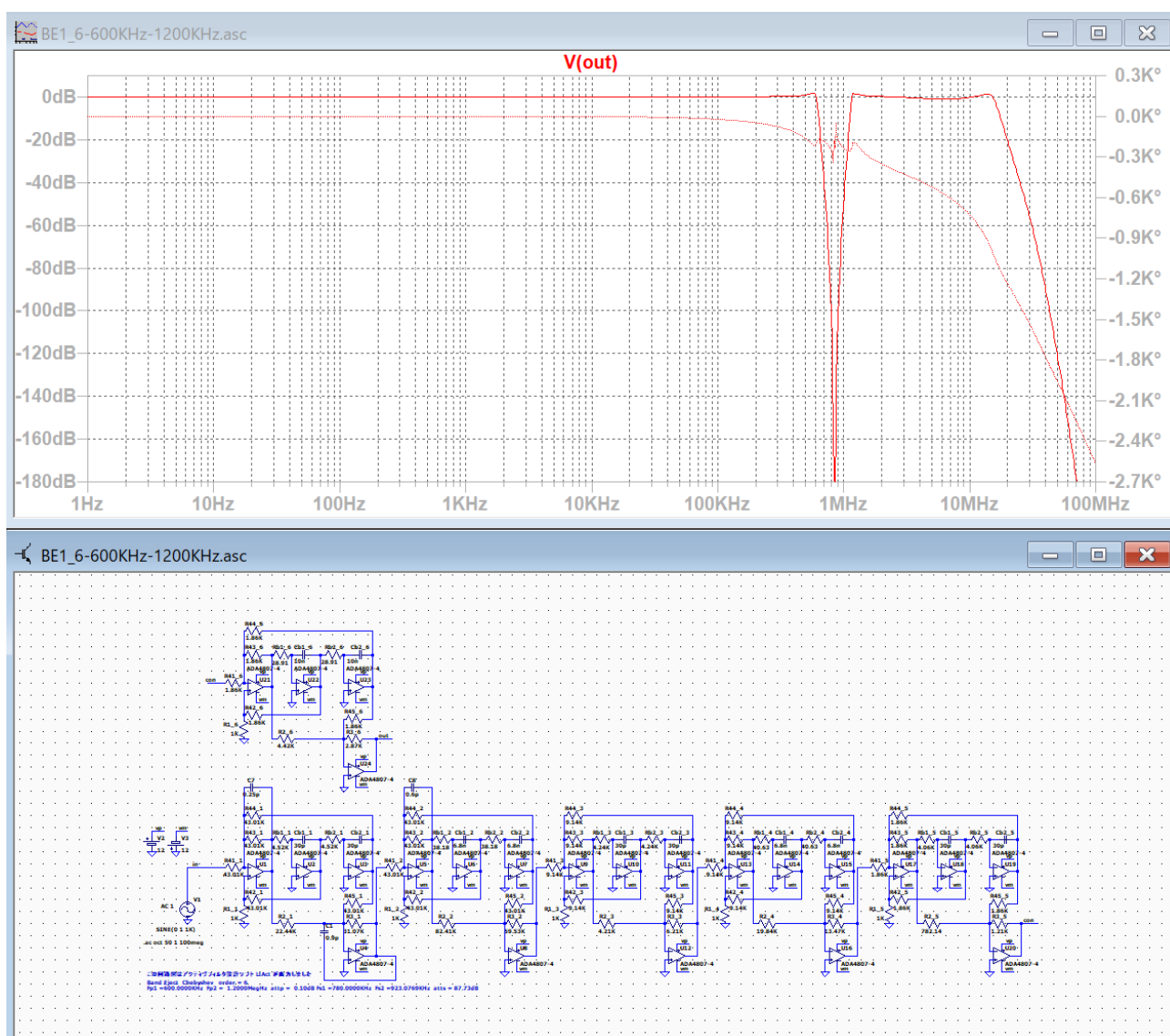
「まとめ BE1(et1)の Cb1\_1 の値」は Q=5 までなので、第 1 ブロックから第 4 ブロックは 1000KHz, Q=5 の値を参照して調整する。

Cb1\_1= Cb1\_3= Cb1\_5=30p, Cb1\_2= Cb1\_4=7n, Cb1\_6=10n を設定して回路図を作成します。



Fp1 と Fp2 および 15MHz にオーバシュートがあります。

# 完成した回路図



Fp1 と Fp2 のオーバーシュートは U1 の R43\_1 および U2 の R43\_2 に C7, C8 を接続して改善しました。

15MHz にオーバーシュートは U4 の R3\_1 に C1 を接続して改善しました。

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\チェビシェフ\test\BE1\_6-  
600KHz-1200KHz.asc 作成日時 Tue Dec 01 13:14:38 2020

アナログ Band Eject Chebyshev 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =780.0000KHz Fs2 =923.0769KHz atts = 87.73dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 4.5166K Cb\_1 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 4.0606 %  
1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 22.4431K R3\_1 = 31.0673K R4\_1 (5 個) =  
43.0056K 誤差 = 3.9624 %  
2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 38.1826 Cb\_2 (2 個) = 6.8000n 誤差 = 2.1406 %  
2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 82.4075K R3\_2 = 59.5314K R4\_2 (5 個) =  
43.0056K 誤差 = 4.1762 %  
3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 4.2446K Cb\_3 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 1.3049 %  
3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 4.2148K R3\_3 = 6.2083K R4\_3 (5 個) =  
9.1447K 誤差 = 2.0836 %  
4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 40.6293 Cb\_4 (2 個) = 6.8000n 誤差 = 4.0103 %  
4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 19.8407K R3\_4 = 13.4699K R4\_4 (5 個) =  
9.1447K 誤差 = 3.6126 %  
5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 4.0557K Cb\_5 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 3.8400 %  
5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 782.1375 R3\_5 = 1.2057K R4\_5 (5 個) =  
1.8587K 誤差 = 5.2038 %  
6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 28.9145 Cb\_6 (2 個) = 10.0000n 誤差 = 3.7540 %  
6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 4.4171K R3\_6 = 2.8653K R4\_6 (5 個) =  
1.8587K 誤差 = 6.2525 %

BE2\_6-600KHz-1200KHz.asc


バンドエリミネーション・チェビシェフ 6次 600KHz-1200KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	BEフィルタ	遮断特性	チェビシェフ
設計するフィルタの次数 $m(\leq 58)$	6		
阻止帯域 下端の周波数 $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1} * x_s)$	600	KHz	
阻止帯域 上端の周波数 $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} / x_s)$	1.2	Meg	
周波数 $F_{p1}, F_{p2}$ における減衰量又はリプル $att_p$	0.1	dB	
最低減衰量に達する周波数を $F_{s1}$ として、 $x_s = F_{s1} / F_{p1}$ を次の範囲で			
入力して下さい	$1 < x_s < 1.4142$	1.5	倍
			OK キャンセル

$x_s$  がデフォルトの 1.5 のままで「OK」を入力すると、次のメッセージが表示されます。

アクティブフィルタの設計プログラム

 **acosh 関数の引数が異常です!!**

OK

$F_{s1} = 600 * 1.5 = 900\text{KHz} > F_{s2} = 1200 / 1.5 = 800\text{KHz}$  となるためです。

パラメータの入力ダイアログの最下行に表示されている範囲の数値に変更する必要があります。 $x_s$  の最大値は 1.4142 ですが、ここでは  $x_s = 1.3$  に設定しました。

設計パラメータの入力

フィルタの種類	BEフィルタ	遮断特性	チェビシェフ
設計するフィルタの次数 $m(\leq 58)$	6		
阻止帯域 下端の周波数 $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1} * x_s)$	600	KHz	
阻止帯域 上端の周波数 $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} / x_s)$	1.2	Meg	
周波数 $F_{p1}, F_{p2}$ における減衰量又はリプル $att_p$	0.1	dB	
最低減衰量に達する周波数を $F_{s1}$ として、 $x_s = F_{s1} / F_{p1}$ を次の範囲で			
入力して下さい	$1 < x_s < 1.4142$	1.3	倍
			OK キャンセル

## バンドエリミネーションフィルタ

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Chebyshev 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =780.0000KHz Fs2 =923.0769KHz atts = 87.73dB

2 次式の形式

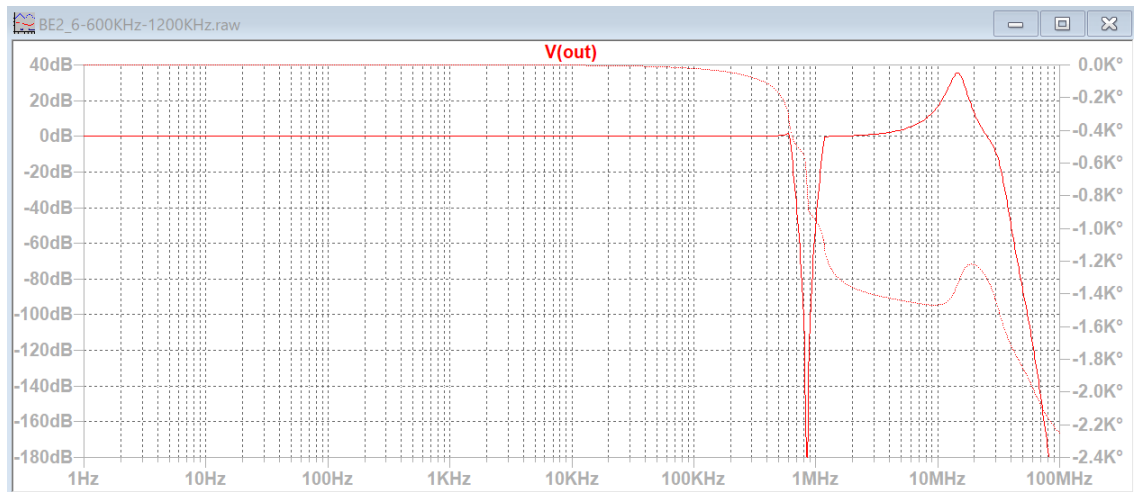
$$H_n = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$$

2 次式

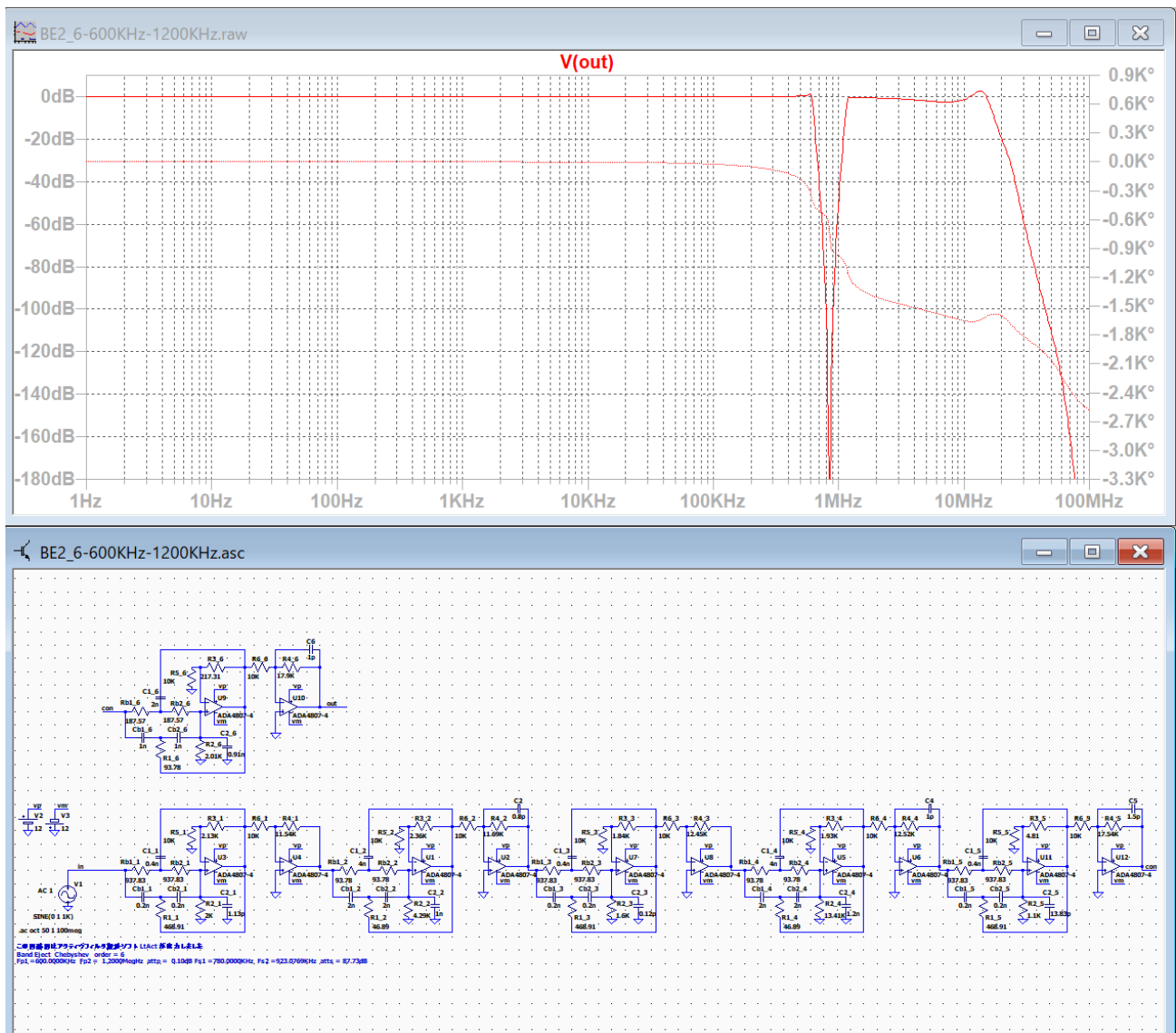
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	503.1306K	54.4671T	1.3843	0	39.3472T	Q= 14.6685
2	262.5660K	14.8337T	0.7224	0	20.5339T	Q= 14.6685
3	2.3223Meg	61.6711T	1.4730	0	41.8685T	Q= 3.3816
4	1.0704Meg	13.1009T	0.6789	0	19.2973T	Q= 3.3816
5	8.6251Meg	67.5487T	1.5416	0	43.8182T	Q= 0.9529
6	3.6294Meg	11.9610T	0.6487	0	18.4387T	Q= 0.9529

「まとめ BE2(et2)の Cb1\_1 の値」は Q=5 までなので、第 1 ブロックから第 4 ブロックは 1000KHz, Q=5 の値を参照して調整する。

Cb1\_1=Cb1\_3=Cb1\_5=200p, Cb1\_2= Cb1\_4=2n, Cb1\_6=1n を設定して回路図を作成します。



完成した回路図



```
***** 回路の構成と素子値 *****
回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドプロジェクト\チェビシェフ\test\BE2_6-
600KHz-1200KHz.asc 作成日時 Tue Dec 01 13:55:08 2020
アナログ Band Eject Chebyshev 次数=6
Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB
Fs1 =780.0000KHz Fs2 =923.0769KHz atts = 87.73dB
1 (et2) Rb_1 (2 個) = 937.8295 Cb_1 (2 個) = 0.2000n R1_1 = 468.9147 C1_1 =
0.4000n 誤差 = 3.8871 %
1 R2_1 = 2.0000K C2_1 = 1.1285p 誤差 = 2.5216 %
1 R3_1 = 2.1342K R5_1 = 10.0000K 誤差 = 3.0832 %
1 R4_1 = 11.5367K R6_1 = 10.0000K 誤差 = 4.0154 %
2 (et2) Rb_2 (2 個) = 93.7829 Cb_2 (2 個) = 2.0000n R1_2 = 46.8915 C1_2 =
4.0000n 誤差 = 3.8871 %
2 R2_2 = 4.2893K C2_2 = 1.0000n 誤差 = 0.2502 %
2 R3_2 = 2.3631K R5_2 = 10.0000K 誤差 = 1.5623 %
2 R4_2 = 11.6864K R6_2 = 10.0000K 誤差 = 2.6831 %
3 (et2) Rb_3 (2 個) = 937.8295 Cb_3 (2 個) = 0.2000n R1_3 = 468.9147 C1_3 =
0.4000n 誤差 = 3.8871 %
3 R2_3 = 1.6000K C2_3 = 0.1215p 誤差 = 1.2714 %
3 R3_3 = 1.8435K R5_3 = 10.0000K 誤差 = 2.3574 %
3 R4_3 = 12.4521K R6_3 = 10.0000K 誤差 = 3.6310 %
4 (et2) Rb_4 (2 個) = 93.7829 Cb_4 (2 個) = 2.0000n R1_4 = 46.8915 C1_4 =
4.0000n 誤差 = 3.8871 %
4 R2_4 = 13.4085K C2_4 = 1.2000n 誤差 = 3.0468 %
4 R3_4 = 1.9308K R5_4 = 10.0000K 誤差 = 3.5860 %
4 R4_4 = 12.5187K R6_4 = 10.0000K 誤差 = 3.8446 %
5 (et2) Rb_5 (2 個) = 937.8295 Cb_5 (2 個) = 0.2000n R1_5 = 468.9147 C1_5 =
0.4000n 誤差 = 3.8871 %
5 R2_5 = 1.1000K C2_5 = 13.8324p 誤差 = 6.0174 %
5 R3_5 = 4.8146 R5_5 = 10.0000K 誤差 = 2.3802 %
5 R4_5 = 17.5396K R6_5 = 10.0000K 誤差 = 2.6251 %
6 (et2) Rb_6 (2 個) = 187.5659 Cb_6 (2 個) = 1.0000n R1_6 = 93.7829 C1_6 =
2.0000n 誤差 = 5.0077 %
6 R2_6 = 2.0098K C2_6 = 0.9100n 誤差 = 0.4858 %
6 R3_6 = 217.3098 R5_6 = 10.0000K 誤差 = 1.2379 %
6 R4_6 = 17.9040K R6_6 = 10.0000K 誤差 = 0.5362 %
```



逆チェビシェフ

BE1\_6-10KHz-30KHz.asc

バンドエリミネーション・逆チェビシェフ 6次 10KHz-30KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類

BEフィルタ

設計するフィルタの次数 m(<=58)

6

遮断特性

Inv. Cheb

阻止帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1\*xs)

10

KHz

阻止帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2/xs)

30

KHz

周波数Fp1,Fp2における減衰量又はリプル attp

0.1

dB

最低減衰量に達する周波数をFs1として、Xs = Fs1/Fp1 を次の範囲で

1.5

倍

入力して下さい

1 < Xs < 1.7321

OK

キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Inv. Cheb 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 15.0000KHz Fs2 = 20.0000KHz atts = 85.19dB

2次式の形式

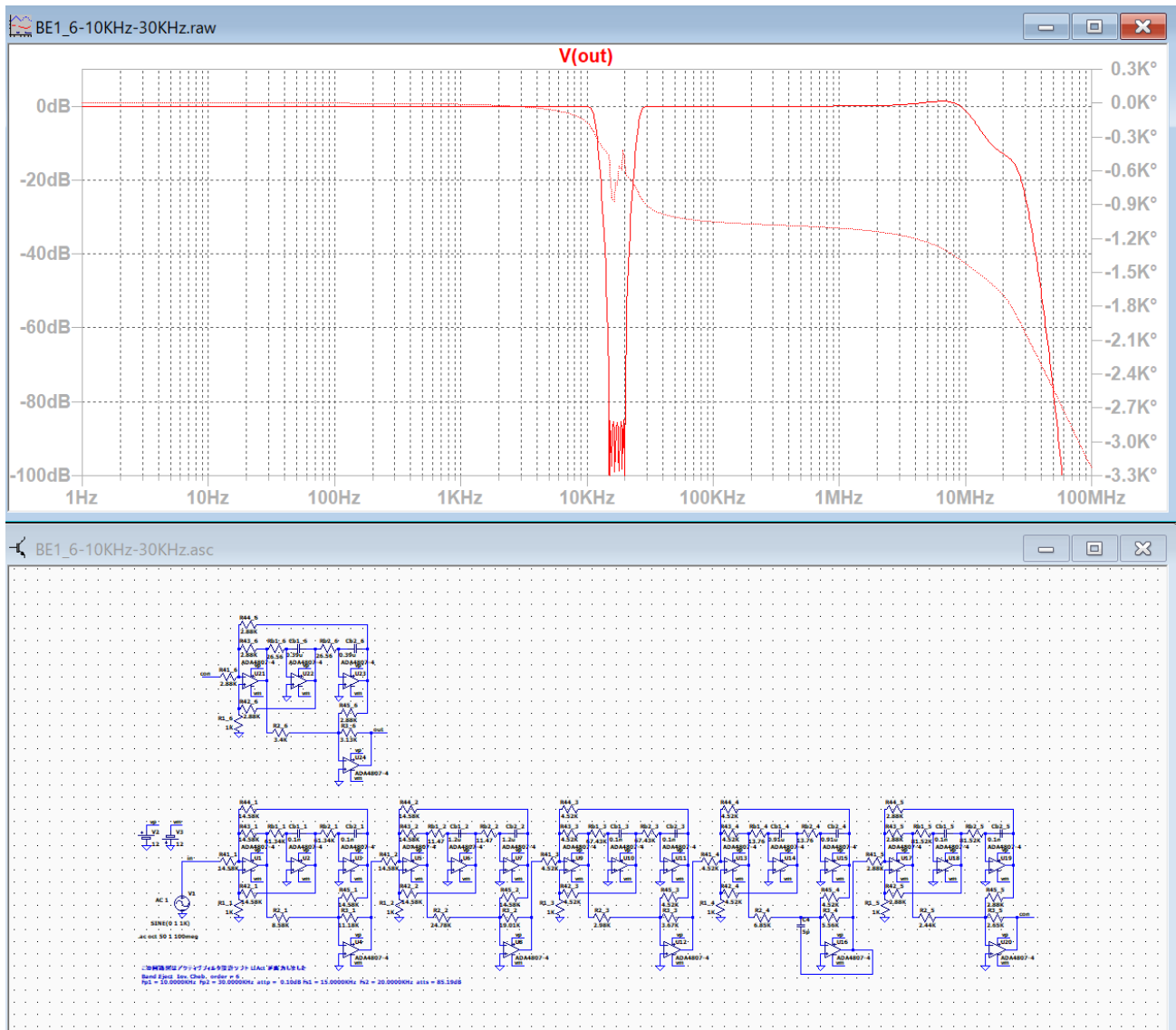
$$H_n = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	31.3947K	26.5782G	1.3037	0	20.3872G	Q=	5.1929
2	13.9898K	5.2776G	0.7671	0	6.8802G	Q=	5.1929
3	80.5907K	21.9915G	1.2307	0	17.8697G	Q=	1.8401
4	43.4021K	6.3783G	0.8126	0	7.8496G	Q=	1.8401
5	94.7848K	15.0495G	1.0859	0	13.8587G	Q=	1.2943
6	74.5926K	9.3205G	0.9209	0	10.1214G	Q=	1.2943

「まとめ BE1(et1)の Cb1\_1の値」を参照して、Cb1\_1= Cb1\_3= Cb1\_5=100p, Cb1\_2=1.2u, Cb1\_4=0.9u, Cb1\_6=0.4u を設定して回路図を作成します。

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\逆チェビシェフ\test\BE1\_6-10KHz-30KHz.asc 作成日時 Tue Dec 01 16:35:06 2020

アナログ Band Eject Inv. Cheb 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 15.0000KHz Fs2 = 20.0000KHz atts = 85.19dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 61.3391K Cb\_1 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 1.0775 %  
1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 8.5779K R3\_1 = 11.1827K R4\_1 (5 個) = 14.5786K  
誤差 = 5.5165 %  
2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 11.4710 Cb\_2 (2 個) = 1.2000u 誤差 = 4.1059 %  
2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 24.7771K R3\_2 = 19.0056K R4\_2 (5 個) = 14.5786K  
誤差 = 6.7503 %  
3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 67.4330K Cb\_3 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 0.8408 %  
3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 2.9846K R3\_3 = 3.6731K R4\_3 (5 個) = 4.5203K  
誤差 = 4.4749 %  
4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 13.7596 Cb\_4 (2 個) = 0.9100u 誤差 = 5.5204 %  
4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 6.8461K R3\_4 = 5.5630K R4\_4 (5 個) = 4.5203K  
誤差 = 4.0864 %  
5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 81.5151K Cb\_5 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 0.5948 %  
5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 2.4446K R3\_5 = 2.6547K R4\_5 (5 個) = 2.8828K  
誤差 = 4.7724 %  
6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 26.5593 Cb\_6 (2 個) = 0.3900u 誤差 = 1.6594 %  
6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 3.3995K R3\_6 = 3.1305K R4\_6 (5 個) = 2.8828K  
誤差 = 6.5174 %

# BE2\_6-10KHz-30KHz.asc

バンドエリミネーション・逆チェビシェフ 6次 10KHz-30KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	BEフィルタ		遮断特性	Inv. Cheb
設計するフィルタの次数 m(<=58)	6			
阻止帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1*xs)	10	KHz		
阻止帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2/xs)	30	KHz		
周波数Fp1,Fp2における減衰量又はリプル attp	0.1	dB		
最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fs1/Fp1 を次の範囲で				
入力して下さい	1 < xs < 1.7321	1.5	倍	

OK キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Inv. Cheb 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 15.0000KHz Fs2 = 20.0000KHz atts = 85.19dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

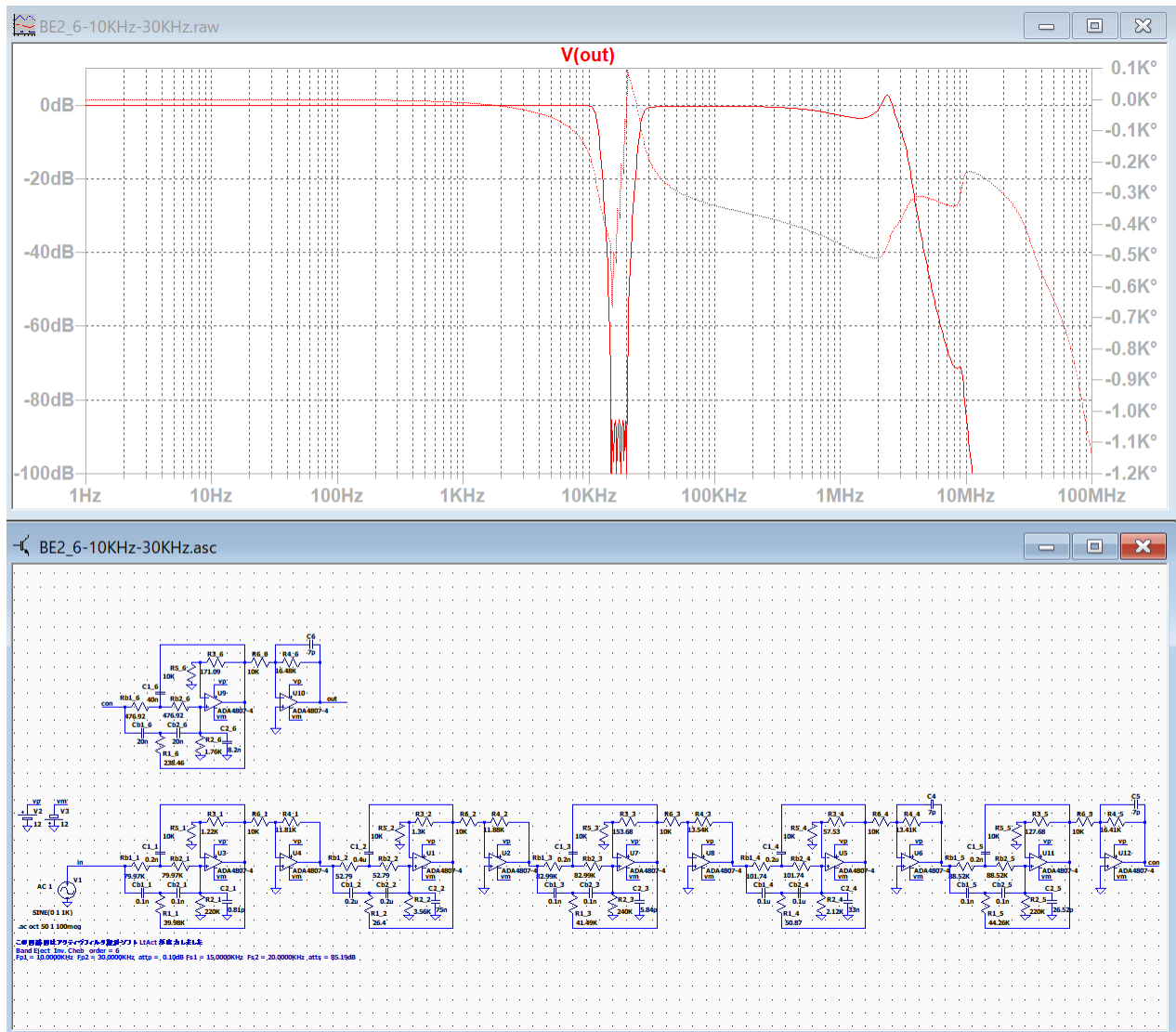
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4		
1	31.3947K	26.5782G	1.3037	0	20.3872G	Q=	5.1929
2	13.9898K	5.2776G	0.7671	0	6.8802G	Q=	5.1929
3	80.5907K	21.9915G	1.2307	0	17.8697G	Q=	1.8401
4	43.4021K	6.3783G	0.8126	0	7.8496G	Q=	1.8401
5	94.7848K	15.0495G	1.0859	0	13.8587G	Q=	1.2943
6	74.5926K	9.3205G	0.9209	0	10.1214G	Q=	1.2943

「まとめ BE2(et2)の Cb1\_1 の値」を参照して、Cb1\_1= Cb1\_3= Cb1\_5=100p, Cb1\_2=0.2u, Cb1\_4=0.1u, Cb1\_6=20n を設定して回路図を作成します。

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\逆チェビシェフ\test\BE2\_6-10KHz-30KHz.asc 作成日時 Tue Dec 01 16:44:53 2020

アナログ Band Eject Inv. Cheb 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 15.0000KHz Fs2 = 20.0000KHz atts = 85.19dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 79.9659K Cb\_1 (2 個) = 0.1000n R1\_1 = 39.9830K C1\_1 = 0.2000n 誤差 = 3.5376 %

1 R2\_1 = 220.0000K C2\_1 = 0.8063p 誤差 = 1.7001 %

1 R3\_1 = 1.2200K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 1.6372 %

1 R4\_1 = 11.8066K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 1.6384 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 52.7939 Cb\_2 (2 個) = 0.2000u R1\_2 = 26.3970 C1\_2 = 0.4000u 誤差 = 4.7974 %

2 R2\_2 = 3.5575K C2\_2 = 75.0000n 誤差 = 1.1956 %

2 R3\_2 = 1.3029K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 0.2261 %

2 R4\_2 = 11.8762K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.0422 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 82.9872K Cb\_3 (2 個) = 0.1000n R1\_3 = 41.4936K C1\_3 = 0.2000n 誤差 = 3.8204 %

3 R2\_3 = 240.0000K C2\_3 = 5.8445p 誤差 = 4.1830 %

3 R3\_3 = 153.6848 R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 2.3976 %

3 R4\_3 = 13.5371K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 3.9675 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 101.7438 Cb\_4 (2 個) = 0.1000u R1\_4 = 50.8719 C1\_4 = 0.2000u 誤差 = 1.7323 %

4 R2\_4 = 2.1185K C2\_4 = 33.0000n 誤差 = 3.8457 %

4 R3\_4 = 57.5308 R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 2.6609 %

4 R4\_4 = 13.4115K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 3.0684 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 88.5196K Cb\_5 (2 個) = 0.1000n R1\_5 = 44.2598K C1\_5 = 0.2000n 誤差 = 3.9942 %

5 R2\_5 = 220.0000K C2\_5 = 26.5207p 誤差 = 1.8074 %

5 R3\_5 = 127.6828 R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.8148 %

5 R4\_5 = 16.4097K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.4965 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 476.9247 Cb\_6 (2 個) = 20.0000n R1\_6 = 238.4623 C1\_6 = 40.0000n 誤差 = 2.9621 %

6 R2\_6 = 1.7554K C2\_6 = 8.2000n 誤差 = 2.5384 %

6 R3\_6 = 171.0882 R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 5.2089 %

6 R4\_6 = 16.4779K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 2.9005 %

BE1\_6-100KHz-300KHz.asc

バンドエリミネーション・逆チェビシェフ 6次 100KHz-300KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 BEフィルタ 遮断特性 Inv. Cheb

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  6

阻止帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1} * x_s)$  100 KHz

阻止帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} / x_s)$  300 KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリップル  $att_p$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{s1} / F_{p1}$  を次の範囲で  
入力して下さい  $1 < x_s < 1.7321$  1.5 倍

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Eject Inv. Cheb 次数=6

$F_{p1} = 100.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 300.0000\text{KHz}$   $att_p = 0.1000\text{dB}$

$F_{s1} = 150.0000\text{KHz}$   $F_{s2} = 200.0000\text{KHz}$   $atts = 85.19\text{dB}$

2次式の形式

$$P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}$$

$H_n = \text{-----}$

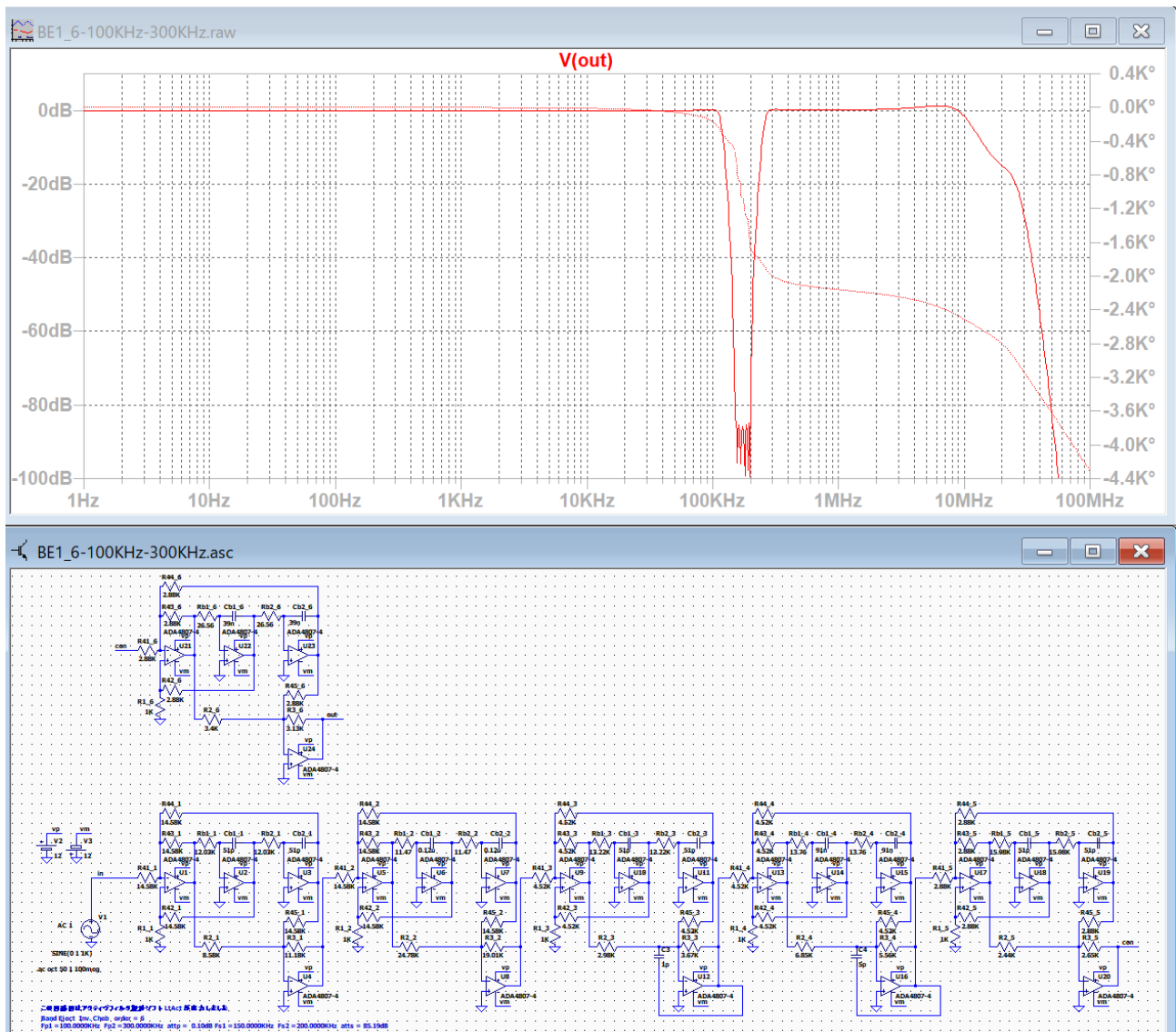
$$s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}$$

2次式

n	$P_{n\_0}$	$P_{n\_1}$	$P_{n\_2}$	$P_{n\_3}$	$P_{n\_4}$	
1	313.9472K	2.6578T	1.3037	0	2.0387T	Q= 5.1929
2	139.8981K	527.7598G	0.7671	0	688.0247G	Q= 5.1929
3	805.9073K	2.1992T	1.2307	0	1.7870T	Q= 1.8401
4	434.0214K	637.8330G	0.8126	0	784.9565G	Q= 1.8401
5	947.8476K	1.5050T	1.0859	0	1.3859T	Q= 1.2943
6	745.9265K	932.0484G	0.9209	0	1.0121T	Q= 1.2943

「まとめ BE1(et1)の  $C_{b1\_1}$  の値」を参照して、 $C_{b1\_1} = C_{b1\_3} = C_{b1\_5} = 50\text{p}$ ,  $C_{b1\_2} = 120\text{n}$ ,  $C_{b1\_4} = 90\text{n}$ ,  $C_{b1\_6} = 40\text{n}$  を設定して回路図を作成します。

完成した回路図





\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\逆チェビシェフ\test\BE2\_6-100KHz-300KHz.asc 作成日時 Tue Dec 01 19:30:55 2020

アナログ Band Eject Inv. Cheb 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 =150.0000KHz Fs2 =200.0000KHz atts = 85.19dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 10.6621K Cb\_1 (2 個) = 75.0000p R1\_1 = 5.3311K C1\_1 = 0.1500n 誤差 = 5.3692 %

1 R2\_1 = 30.0000K C2\_1 = 0.2483p 誤差 = 3.3316 %

1 R3\_1 = 1.1618K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.2889 %

1 R4\_1 = 11.7571K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.0661 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 52.7939 Cb\_2 (2 個) = 20.0000n R1\_2 = 26.3970 C1\_2 = 40.0000n 誤差 = 4.7974 %

2 R2\_2 = 3.5575K C2\_2 = 7.5000n 誤差 = 1.1956 %

2 R3\_2 = 1.3029K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 0.2261 %

2 R4\_2 = 11.8762K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.0422 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 11.0650K Cb\_3 (2 個) = 75.0000p R1\_3 = 5.5325K C1\_3 = 0.1500n 誤差 = 1.3543 %

3 R2\_3 = 33.0000K C2\_3 = 3.8645p 誤差 = 0.9193 %

3 R3\_3 = 89.8370 R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 1.2946 %

3 R4\_3 = 13.4540K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 3.3743 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 101.7438 Cb\_4 (2 個) = 10.0000n R1\_4 = 50.8719 C1\_4 = 20.0000n 誤差 = 1.7323 %

4 R2\_4 = 2.1185K C2\_4 = 3.3000n 誤差 = 3.8457 %

4 R3\_4 = 57.5308 R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 2.6609 %

4 R4\_4 = 13.4115K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 3.0684 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 11.8026K Cb\_5 (2 個) = 75.0000p R1\_5 = 5.9013K C1\_5 = 0.1500n 誤差 = 5.3307 %

5 R2\_5 = 30.0000K C2\_5 = 19.3218p 誤差 = 3.5099 %

5 R3\_5 = 76.8734 R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.4370 %

5 R4\_5 = 16.3290K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.0147 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 476.9247 Cb\_6 (2 個) = 2.0000n R1\_6 = 238.4623 C1\_6 = 4.0000n 誤差 = 2.9621 %

6 R2\_6 = 1.7554K C2\_6 = 0.8200n 誤差 = 2.5384 %

6 R3\_6 = 171.0882 R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 5.2089 %

6 R4\_6 = 16.4779K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 2.9005 %

# BE2\_6-100KHz-300KHz.asc

バンドエリミネーション・逆チェビシェフ 6次 100KHz-300KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	BEフィルタ		遮断特性	Inv. Cheb
設計するフィルタの次数 m(<=58)	6			
阻止帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1*xs)	100	KHz		
阻止帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2/xs)	300	KHz		
周波数Fp1,Fp2における減衰量又はリプル attp	0.1	dB		
最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fs1/Fp1 を次の範囲で			OK	
入力して下さい	1 < xs < 1.7321	1.5	倍	キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Inv. Cheb 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 =150.0000KHz Fs2 =200.0000KHz atts = 85.19dB

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

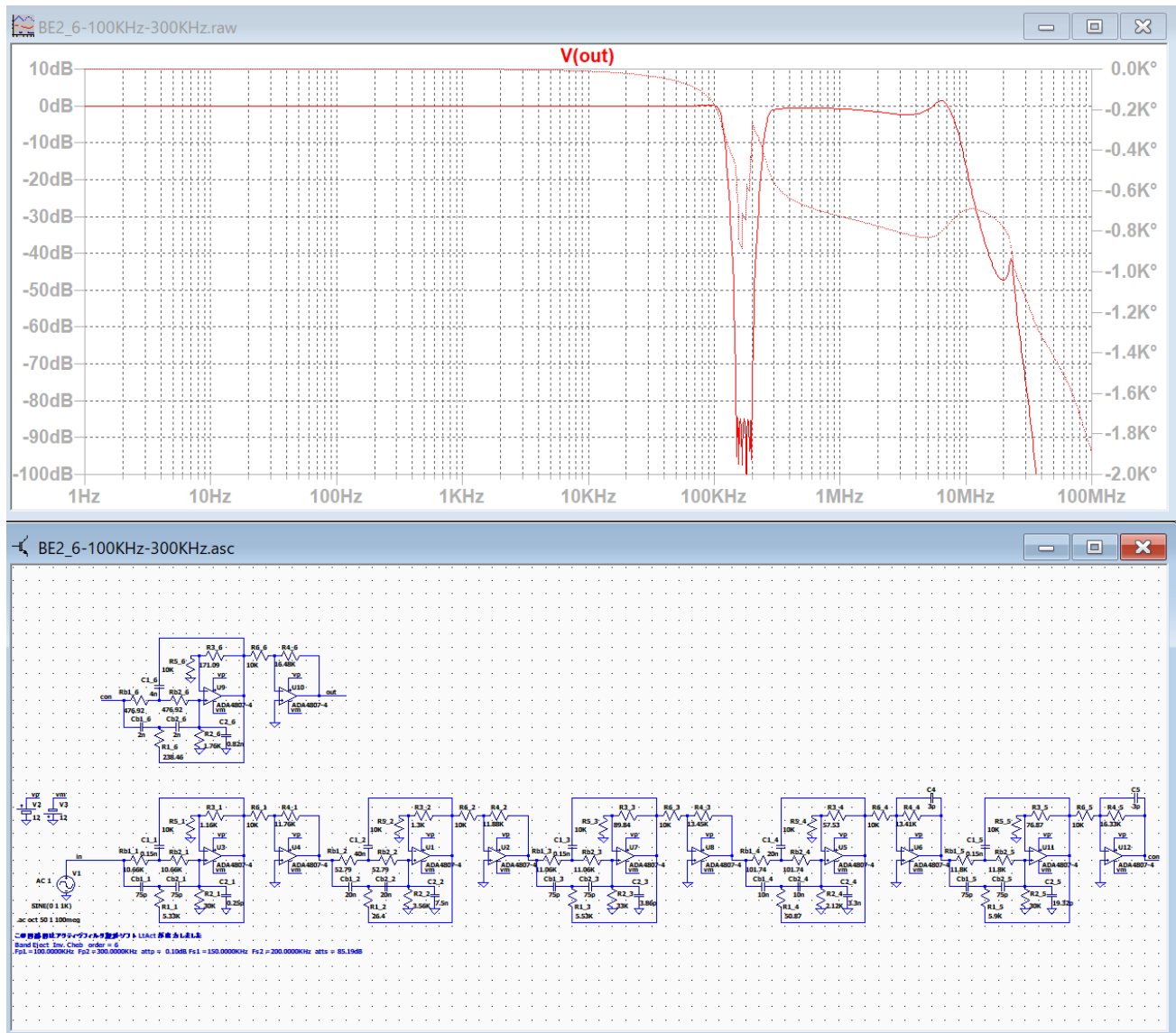
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	313.9472K	2.6578T	1.3037	0	2.0387T	Q= 5.1929
2	139.8981K	527.7598G	0.7671	0	688.0247G	Q= 5.1929
3	805.9073K	2.1992T	1.2307	0	1.7870T	Q= 1.8401
4	434.0214K	637.8330G	0.8126	0	784.9565G	Q= 1.8401
5	947.8476K	1.5050T	1.0859	0	1.3859T	Q= 1.2943
6	745.9265K	932.0484G	0.9209	0	1.0121T	Q= 1.2943

「まとめ BE2(et2)の Cb1\_1 の値」を参照して、Cb1\_1= Cb1\_3= Cb1\_5=75p, Cb1\_2=20n, Cb1\_4=10n, Cb1\_6=2n を設定して回路図を作成します。

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\逆チェビシェフ\test\BE2\_6-100KHz-300KHz.asc 作成日時 Tue Dec 01 19:30:55 2020

アナログ Band Eject Inv. Cheb 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 =150.0000KHz Fs2 =200.0000KHz atts = 85.19dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 10.6621K Cb\_1 (2 個) = 75.0000p R1\_1 = 5.3311K C1\_1 = 0.1500n 誤差 = 5.3692 %

1 R2\_1 = 30.0000K C2\_1 = 0.2483p 誤差 = 3.3316 %

1 R3\_1 = 1.1618K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.2889 %

1 R4\_1 = 11.7571K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.0661 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 52.7939 Cb\_2 (2 個) = 20.0000n R1\_2 = 26.3970 C1\_2 = 40.0000n 誤差 = 4.7974 %

2 R2\_2 = 3.5575K C2\_2 = 7.5000n 誤差 = 1.1956 %

2 R3\_2 = 1.3029K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 0.2261 %

2 R4\_2 = 11.8762K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.0422 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 11.0650K Cb\_3 (2 個) = 75.0000p R1\_3 = 5.5325K C1\_3 = 0.1500n 誤差 = 1.3543 %

3 R2\_3 = 33.0000K C2\_3 = 3.8645p 誤差 = 0.9193 %

3 R3\_3 = 89.8370 R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 1.2946 %

3 R4\_3 = 13.4540K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 3.3743 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 101.7438 Cb\_4 (2 個) = 10.0000n R1\_4 = 50.8719 C1\_4 = 20.0000n 誤差 = 1.7323 %

4 R2\_4 = 2.1185K C2\_4 = 3.3000n 誤差 = 3.8457 %

4 R3\_4 = 57.5308 R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 2.6609 %

4 R4\_4 = 13.4115K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 3.0684 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 11.8026K Cb\_5 (2 個) = 75.0000p R1\_5 = 5.9013K C1\_5 = 0.1500n 誤差 = 5.3307 %

5 R2\_5 = 30.0000K C2\_5 = 19.3218p 誤差 = 3.5099 %

5 R3\_5 = 76.8734 R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.4370 %

5 R4\_5 = 16.3290K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.0147 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 476.9247 Cb\_6 (2 個) = 2.0000n R1\_6 = 238.4623 C1\_6 = 4.0000n 誤差 = 2.9621 %

6 R2\_6 = 1.7554K C2\_6 = 0.8200n 誤差 = 2.5384 %

6 R3\_6 = 171.0882 R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 5.2089 %

6 R4\_6 = 16.4779K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 2.9005 %

BE1\_6-600KHz-1200KHz.asc

バンドエリミネーション・逆チェビシェフ 6次 600KHz-1200KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類	BEフィルタ		遮断特性	Inv. Cheb
設計するフィルタの次数 m(<=58)	<input type="text" value="3"/>			
阻止帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1*xs)	<input type="text" value="600"/>	<input type="text" value="KHz"/>		
阻止帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2/xs)	<input type="text" value="1.2"/>	<input type="text" value="Meg"/>		
周波数Fp1,Fp2における減衰量又はリップル attp	<input type="text" value="0.1"/>	<input type="text" value="dB"/>		
最低減衰量に達する周波数をFs1として、 $Xs = Fs1/Fp1$ を次の範囲で	<input type="text" value="1.3"/>		<input type="text" value="倍"/>	
入力して下さい	<input type="text" value="1 &lt; Xs &lt; 1.4142"/>			
				<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="キャンセル"/>

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Inv. Cheb 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =780.0000KHz Fs2 =923.0769KHz atts = 87.73dB

2次式の形式

$$H_n = \frac{P_{n-2} * s^2 + P_{n-3} * s + P_{n-4}}{s^2 + P_{n-0} * s + P_{n-1}}$$

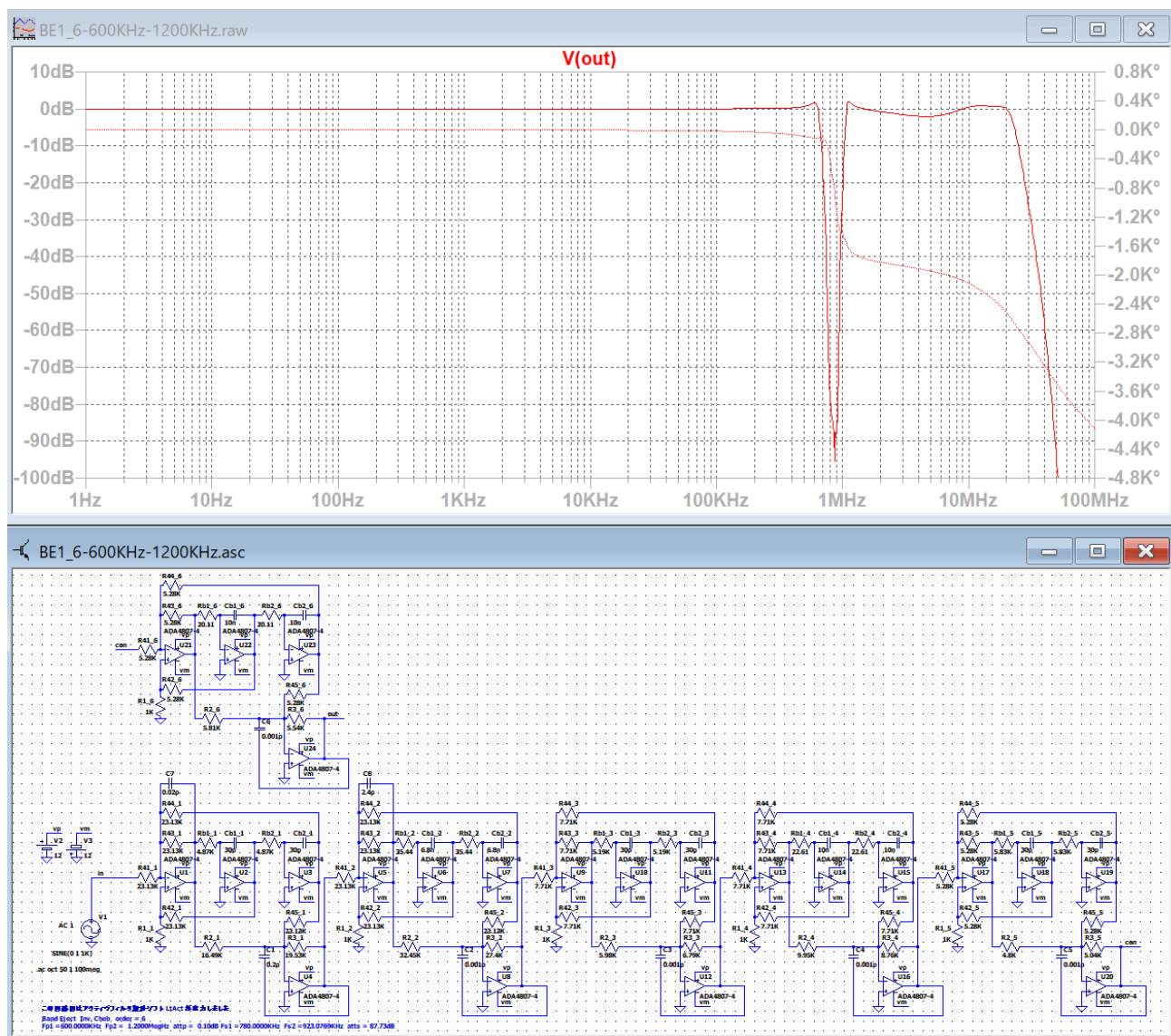
2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	851.6207K	46.9246T	1.1845	0	39.6164T	Q= 8.0437
2	515.8672K	17.2180T	0.8443	0	20.3943T	Q= 8.0437
3	2.2129Meg	41.2972T	1.1356	0	36.3648T	Q= 2.9040
4	1.5231Meg	19.5643T	0.8806	0	22.2179T	Q= 2.9040
5	2.7293Meg	32.6760T	1.0490	0	31.1484T	Q= 2.0944
6	2.3742Meg	24.7261T	0.9533	0	25.9387T	Q= 2.0944

「まとめ BE1(et1)の Cb1\_1 の値」は Q=5 までなので、第 1 ブロックから第 2 ブロックは 1000KHz, Q=5 の値を参照して調整する。

Cb1\_1= Cb1\_3= Cb1\_5=30p, Cb1\_2=7n, Cb1\_4=Cb1\_6=10n を設定して回路図を作成します。

## 完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\逆チェビシェフ\test\BE1\_6-  
600KHz-1200KHz.asc 作成日時 Tue Dec 01 20:07:18 2020

アナログ Band Eject Inv. Cheb 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =780.0000KHz Fs2 =923.0769KHz atts = 87.73dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 4.8661K Cb\_1 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 3.4128 %  
1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 16.4870K R3\_1 = 19.5285K R4\_1 (5 個) = 23.1310K  
誤差 = 5.3545 %  
2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 35.4404 Cb\_2 (2 個) = 6.8000n 誤差 = 1.5789 %  
2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 32.4524K R3\_2 = 27.3981K R4\_2 (5 個) = 23.1310K  
誤差 = 4.3673 %  
3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 5.1870K Cb\_3 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 1.6778 %  
3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 5.9798K R3\_3 = 6.7909K R4\_3 (5 個) = 7.7120K  
誤差 = 4.5968 %  
4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 22.6083 Cb\_4 (2 個) = 10.0000n 誤差 = 2.6906 %  
4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 9.9459K R3\_4 = 8.7580K R4\_4 (5 個) = 7.7120K  
誤差 = 4.8064 %  
5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 5.8313K Cb\_5 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 3.9663 %  
5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 4.8008K R3\_5 = 5.0362K R4\_5 (5 個) = 5.2832K  
誤差 = 4.2467 %  
6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 20.1105 Cb\_6 (2 個) = 10.0000n 誤差 = 0.5493 %  
6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 5.8141K R3\_6 = 5.5423K R4\_6 (5 個) = 5.2832K  
誤差 = 5.1638 %

BE2\_6-600KHz-1200KHz.asc

バンドエリミネーション・逆チェビシェフ 6次 600KHz-1200KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 BEフィルタ 遮断特性 Inv. Cheb

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

阻止帯域 下端の周波数  $Fp1 : (Fs1 = Fp1 * xs)$  600 KHz

阻止帯域 上端の周波数  $Fp2 : (Fs2 = Fp2 / xs)$  1.2 Meg

周波数  $Fp1, Fp2$  における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $Fs1$  として、 $Xs = Fs1 / Fp1$  を次の範囲で  
入力して下さい  $1 < Xs < 1.4142$  1.3 倍

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Eject Inv. Cheb 次数=6

$Fp1 = 600.0000\text{KHz}$   $Fp2 = 1.2000\text{MegHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$

$Fs1 = 780.0000\text{KHz}$   $Fs2 = 923.0769\text{KHz}$   $atts = 87.73\text{dB}$

2次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$Hn = \text{-----}$

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2次式

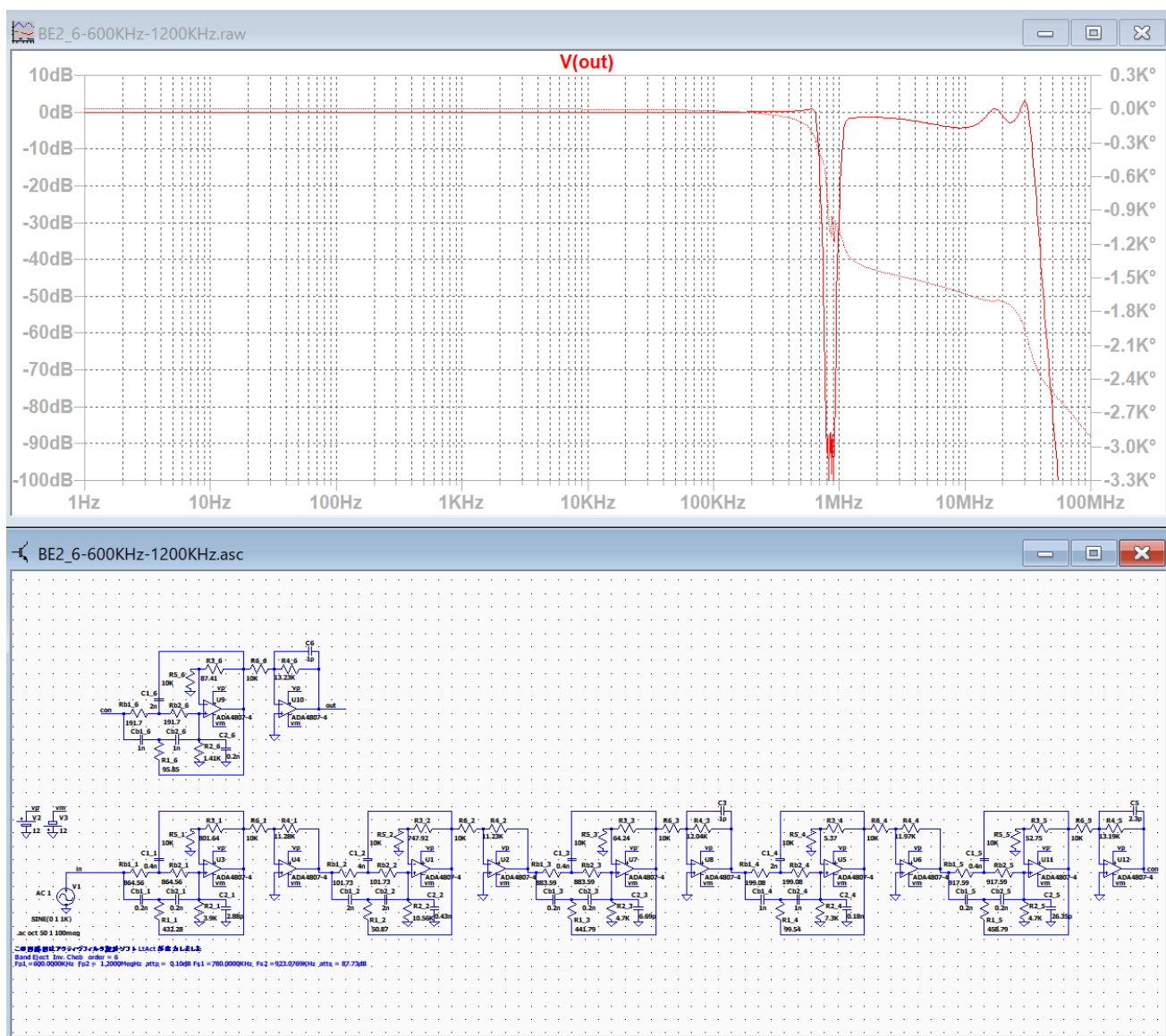
n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	851.6207K	46.9246T	1.1845	0	39.6164T	Q= 8.0437
2	515.8672K	17.2180T	0.8443	0	20.3943T	Q= 8.0437
3	2.2129Meg	41.2972T	1.1356	0	36.3648T	Q= 2.9040
4	1.5231Meg	19.5643T	0.8806	0	22.2179T	Q= 2.9040
5	2.7293Meg	32.6760T	1.0490	0	31.1484T	Q= 2.0944
6	2.3742Meg	24.7261T	0.9533	0	25.9387T	Q= 2.0944

「まとめ BE2(et2)の Cb1\_1 の値」は  $Q=5$  までなので、第1ブロックから第2ブロックは  $1000\text{KHz}$ ,  $Q=5$  の値を参照して調整する。

$Cb1\_1 = Cb1\_3 = Cb1\_5 = 200\text{p}$ ,  $Cb1\_2 = 2\text{n}$ ,  $Cb1\_4 = Cb1\_6 = 1\text{n}$  を設定して回路図を作成します。



### 完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\逆チェビシェフ\test\BE2\_6-600KHz-1200KHz.asc 作成日時 Tue Dec 01 20:45:11 2020

アナログ Band Eject Inv. Cheb 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =780.0000KHz Fs2 =923.0769KHz atts = 87.73dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 864.5609 Cb\_1 (2 個) = 0.2000n R1\_1 = 432.2805 C1\_1 = 0.4000n 誤差 = 5.7527 %

1 R2\_1 = 3.9000K C2\_1 = 2.8784p 誤差 = 4.2239 %

1 R3\_1 = 801.6363 R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.2908 %

1 R4\_1 = 11.2813K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 2.4938 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 101.7307 Cb\_2 (2 個) = 2.0000n R1\_2 = 50.8654 C1\_2 = 4.0000n 誤差 = 3.0355 %

2 R2\_2 = 10.5648K C2\_2 = 0.4300n 誤差 = 4.1189 %

2 R3\_2 = 747.9171 R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 0.2785 %

2 R4\_2 = 11.2327K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 2.0720 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 883.5855 Cb\_3 (2 個) = 0.2000n R1\_3 = 441.7927 C1\_3 = 0.4000n 誤差 = 4.7236 %

3 R2\_3 = 4.7000K C2\_3 = 6.6938p 誤差 = 1.5871 %

3 R3\_3 = 64.2366 R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 3.4818 %

3 R4\_3 = 12.0392K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.3254 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 199.0807 Cb\_4 (2 個) = 1.0000n R1\_4 = 99.5404 C1\_4 = 2.0000n 誤差 = 0.6530 %

4 R2\_4 = 7.3009K C2\_4 = 0.1800n 誤差 = 2.7274 %

4 R3\_4 = 5.3726 R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 4.2320 %

4 R4\_4 = 11.9692K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 0.2569 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 917.5886 Cb\_5 (2 個) = 0.2000n R1\_5 = 458.7943 C1\_5 = 0.4000n 誤差 = 3.5916 %

5 R2\_5 = 4.7000K C2\_5 = 26.3499p 誤差 = 2.4671 %

5 R3\_5 = 52.7540 R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 3.3248 %

5 R4\_5 = 13.1851K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.4036 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 191.7034 Cb\_6 (2 個) = 1.0000n R1\_6 = 95.8517 C1\_6 = 2.0000n 誤差 = 6.1205 %

6 R2\_6 = 1.4087K C2\_6 = 0.2000n 誤差 = 6.4790 %

6 R3\_6 = 87.4093 R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 4.1079 %

6 R4\_6 = 13.2299K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 1.7376 %

楕円関数

BE1\_6-10KHz-30KHz asc

バンドエリミネーション・楕円関数 6次 10KHz-30KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類

BEフィルタ

遮断特性

Elliptic

設計するフィルタの次数 m(<=58)

6

阻止帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1\*xs)

10

KHz

阻止帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2/xs)

30

KHz

周波数Fp1,Fp2における減衰量又はリプル attp

0.1

dB

最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fs1/Fp1 を次の範囲で

1.5

倍

入力して下さい

1 < xs < 1.7321

OK

キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Elliptic 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 15.0000KHz Fs2 = 20.0000KHz atts = 115.29dB

2次式の形式

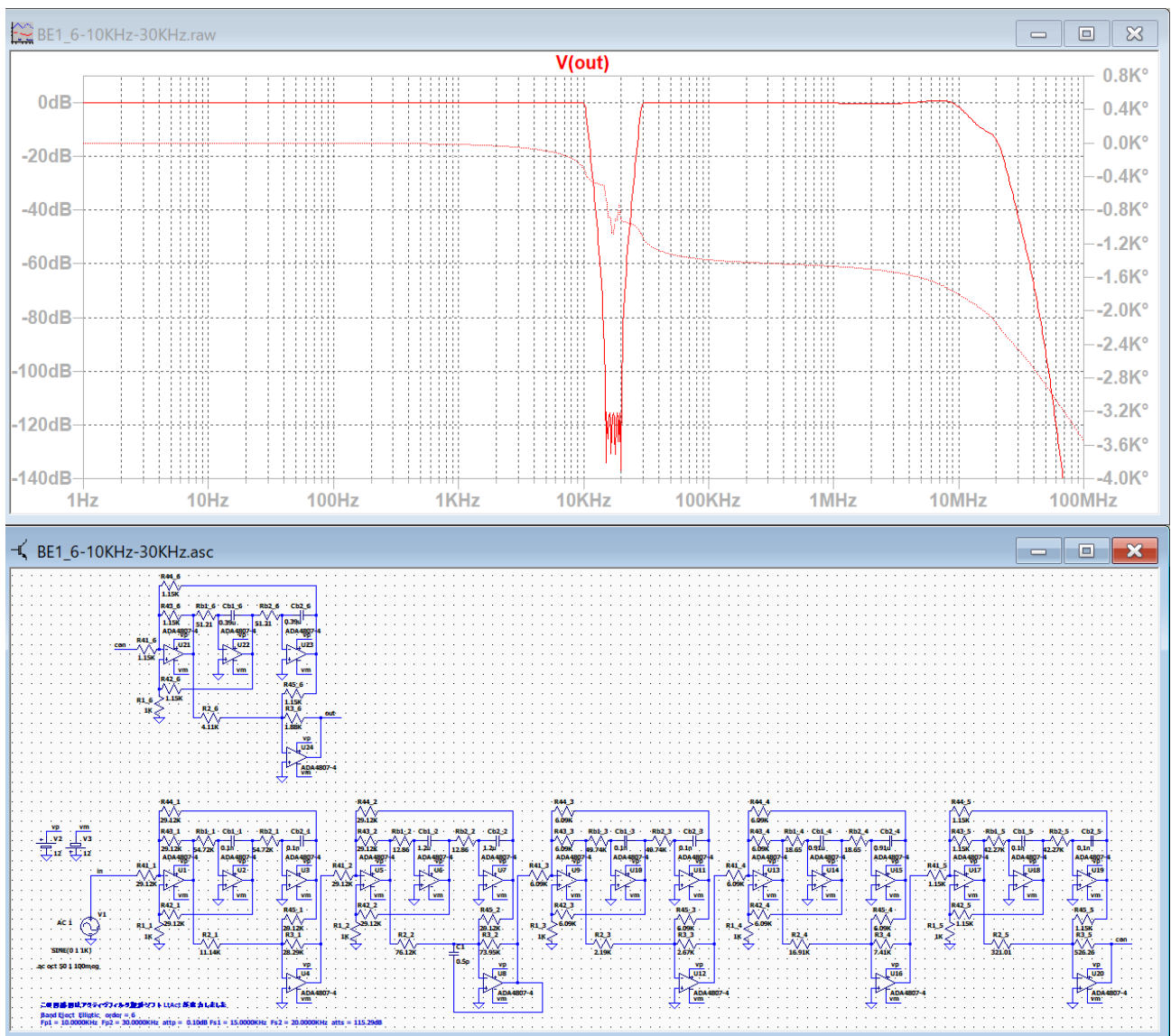
$$H_n = \frac{P_{n\_2} * s^2 + P_{n\_3} * s + P_{n\_4}}{s^2 + P_{n\_0} * s + P_{n\_1}}$$

2次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	18.2021K	33.3981G	2.5396	0	32.4467G	Q= 10.0401
2	6.4548K	4.1999G	0.9715	0	10.6659G	Q= 10.0401
3	85.0935K	40.4119G	1.2173	0	17.7038G	Q= 2.3624
4	24.9384K	3.4710G	0.4381	0	4.2251G	Q= 2.3624
5	330.3361K	55.9547G	1.6394	0	25.6451G	Q= 0.7161
6	69.9199K	2.5068G	0.4583	0	4.1097G	Q= 0.7161

「まとめ BE1(et1)の Cb1\_1の値」を参照して、Cb1\_1= Cb1\_3= Cb1\_5=100p, Cb1\_2=1.2u, Cb1\_4=0.9u, Cb1\_6=0.4u を設定して回路図を作成します。

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\楕円関数\test\BE1\_6-  
10KHz-30KHz.asc 作成日時 Wed Dec 02 07:28:10 2020

アナログ Band Eject Elliptic 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 15.0000KHz Fs2 = 20.0000KHz atts = 115.29dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 54.7191K Cb\_1 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 2.3408 %  
1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 11.1400K R3\_1 = 28.2908K R4\_1 (5 個) = 29.1203K  
誤差 = 5.6144 %  
2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 12.8587 Cb\_2 (2 個) = 1.2000u 誤差 = 1.0985 %  
2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 76.1214K R3\_2 = 73.9529K R4\_2 (5 個) = 29.1203K  
誤差 = 3.6469 %  
3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 49.7446K Cb\_3 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 2.5238 %  
3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 2.1908K R3\_3 = 2.6667K R4\_3 (5 個) = 6.0873K  
誤差 = 2.2719 %  
4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 18.6523 Cb\_4 (2 個) = 0.9100u 誤差 = 3.4971 %  
4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 16.9140K R3\_4 = 7.4097K R4\_4 (5 個) = 6.0873K  
誤差 = 5.8405 %  
5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 42.2748K Cb\_5 (2 個) = 0.1000n 誤差 = 1.7154 %  
5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 321.0080 R3\_5 = 526.2624 R4\_5 (5 個) = 1.1482K  
誤差 = 5.9201 %  
6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 51.2121 Cb\_6 (2 個) = 0.3900u 誤差 = 0.4142 %  
6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 4.1073K R3\_6 = 1.8824K R4\_6 (5 個) = 1.1482K  
誤差 = 7.6715 %

# BE2\_6-10KHz-30KHz.asc

バンドエリミネーション・楕円関数 6 次 10KHz-30KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 B E フィルタ 遮断特性 Elliptic

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  6

阻止帯域 下端の周波数  $F_{p1} : (F_{s1} = F_{p1} * x_s)$  10 KHz

阻止帯域 上端の周波数  $F_{p2} : (F_{s2} = F_{p2} / x_s)$  30 KHz

周波数  $F_{p1}, F_{p2}$  における減衰量又はリプル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $F_{s1}$  として、 $x_s = F_{s1} / F_{p1}$  を次の範囲で 1.5 倍

入力して下さい  $1 < x_s < 1.7321$

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Eject Elliptic 次数=6

$F_{p1} = 10.0000\text{KHz}$   $F_{p2} = 30.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$

$F_{s1} = 15.0000\text{KHz}$   $F_{s2} = 20.0000\text{KHz}$   $atts = 115.29\text{dB}$

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$Hn = \text{-----}$

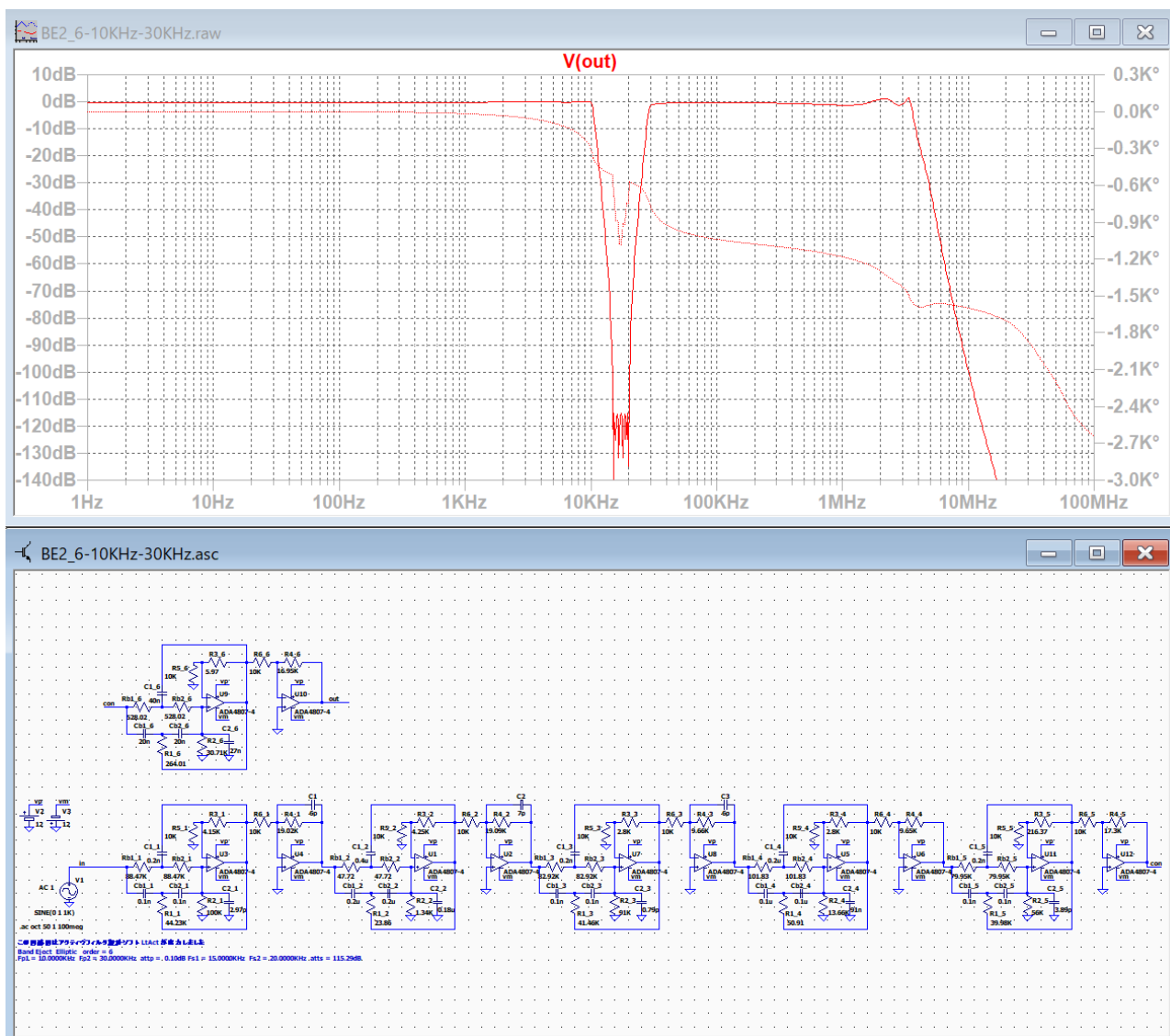
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	18.2021K	33.3981G	2.5396	0	32.4467G	Q= 10.0401
2	6.4548K	4.1999G	0.9715	0	10.6659G	Q= 10.0401
3	85.0935K	40.4119G	1.2173	0	17.7038G	Q= 2.3624
4	24.9384K	3.4710G	0.4381	0	4.2251G	Q= 2.3624
5	330.3361K	55.9547G	1.6394	0	25.6451G	Q= 0.7161
6	69.9199K	2.5068G	0.4583	0	4.1097G	Q= 0.7161

「まとめ BE2(et2)の Cb1\_1 の値」を参照して、 $Cb1\_1 = Cb1\_3 = Cb1\_5 = 100\text{p}$ ,  $Cb1\_2 = 0.2\text{u}$ ,  $Cb1\_4 = 0.1\text{u}$ ,  $Cb1\_6 = 20\text{n}$  を設定して回路図を作成します。

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドプロジェクト\楕円関数\test\BE2\_6-  
10KHz-30KHz.asc 作成日時 Wed Dec 02 07:02:49 2020

アナログ Band Eject Elliptic 次数=6

Fp1 = 10.0000KHz Fp2 = 30.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 = 15.0000KHz Fs2 = 20.0000KHz atts = 115.29dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 88.4697K Cb\_1 (2 個) = 0.1000n R1\_1 = 44.2348K C1\_1 =  
0.2000n 誤差 = 3.9966 %

1 R2\_1 = 100.0000K C2\_1 = 2.9717p 誤差 = 0.9512 %

1 R3\_1 = 4.1456K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.7255 %

1 R4\_1 = 19.0201K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 5.1519 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 47.7194 Cb\_2 (2 個) = 0.2000u R1\_2 = 23.8597 C1\_2 =  
0.4000u 誤差 = 2.9780 %

2 R2\_2 = 1.3415K C2\_2 = 0.1800u 誤差 = 3.0937 %

2 R3\_2 = 4.2466K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.2567 %

2 R4\_2 = 19.0939K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 4.7456 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 82.9195K Cb\_3 (2 個) = 0.1000n R1\_3 = 41.4598K C1\_3 =  
0.2000n 誤差 = 3.8770 %

3 R2\_3 = 91.0000K C2\_3 = 0.7887p 誤差 = 3.9658 %

3 R3\_3 = 2.8037K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 3.6970 %

3 R4\_3 = 9.6570K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 3.5515 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 101.8268 Cb\_4 (2 個) = 0.1000u R1\_4 = 50.9134 C1\_4 =  
0.2000u 誤差 = 1.8021 %

4 R2\_4 = 13.6607K C2\_4 = 91.0000n 誤差 = 4.8362 %

4 R3\_4 = 2.7970K R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 3.4678 %

4 R4\_4 = 9.6538K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 3.5860 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 79.9541K Cb\_5 (2 個) = 0.1000n R1\_5 = 39.9771K C1\_5 =  
0.2000n 誤差 = 3.5385 %

5 R2\_5 = 56.0000K C2\_5 = 3.8931p 誤差 = 0.1773 %

5 R3\_5 = 216.3654 R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 1.6798 %

5 R4\_5 = 17.2963K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 4.0685 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 528.0174 Cb\_6 (2 個) = 20.0000n R1\_6 = 264.0087 C1\_6 =  
40.0000n 誤差 = 4.8004 %

6 R2\_6 = 30.7089K C2\_6 = 27.0000n 誤差 = 2.3085 %

6 R3\_6 = 5.9739 R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 3.7849 %

6 R4\_6 = 16.9477K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 5.5919 %



BE1\_6-100KHz-300KHz.asc

バンドエリミネーション・楕円関数 6 次 100KHz-300KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 BEフィルタ 遮断特性 Elliptic

設計するフィルタの次数  $m(\leq 58)$  3

阻止帯域 下端の周波数  $Fp1 : (Fs1 = Fp1 * xs)$  100 KHz

阻止帯域 上端の周波数  $Fp2 : (Fs2 = Fp2 / xs)$  300 KHz

周波数  $Fp1, Fp2$  における減衰量又はリップル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $Fs1$  として、 $Xs = Fs1 / Fp1$  を次の範囲で 1.5 倍

入力して下さい  $1 < Xs < 1.7321$

OK キャンセル

+++++ 伝達関数の係数と Q 値 +++++

アナログ Band Eject Elliptic 次数=6

$Fp1 = 100.0000\text{KHz}$   $Fp2 = 300.0000\text{KHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$

$Fs1 = 150.0000\text{KHz}$   $Fs2 = 200.0000\text{KHz}$   $atts = 115.29\text{dB}$

2 次式の形式

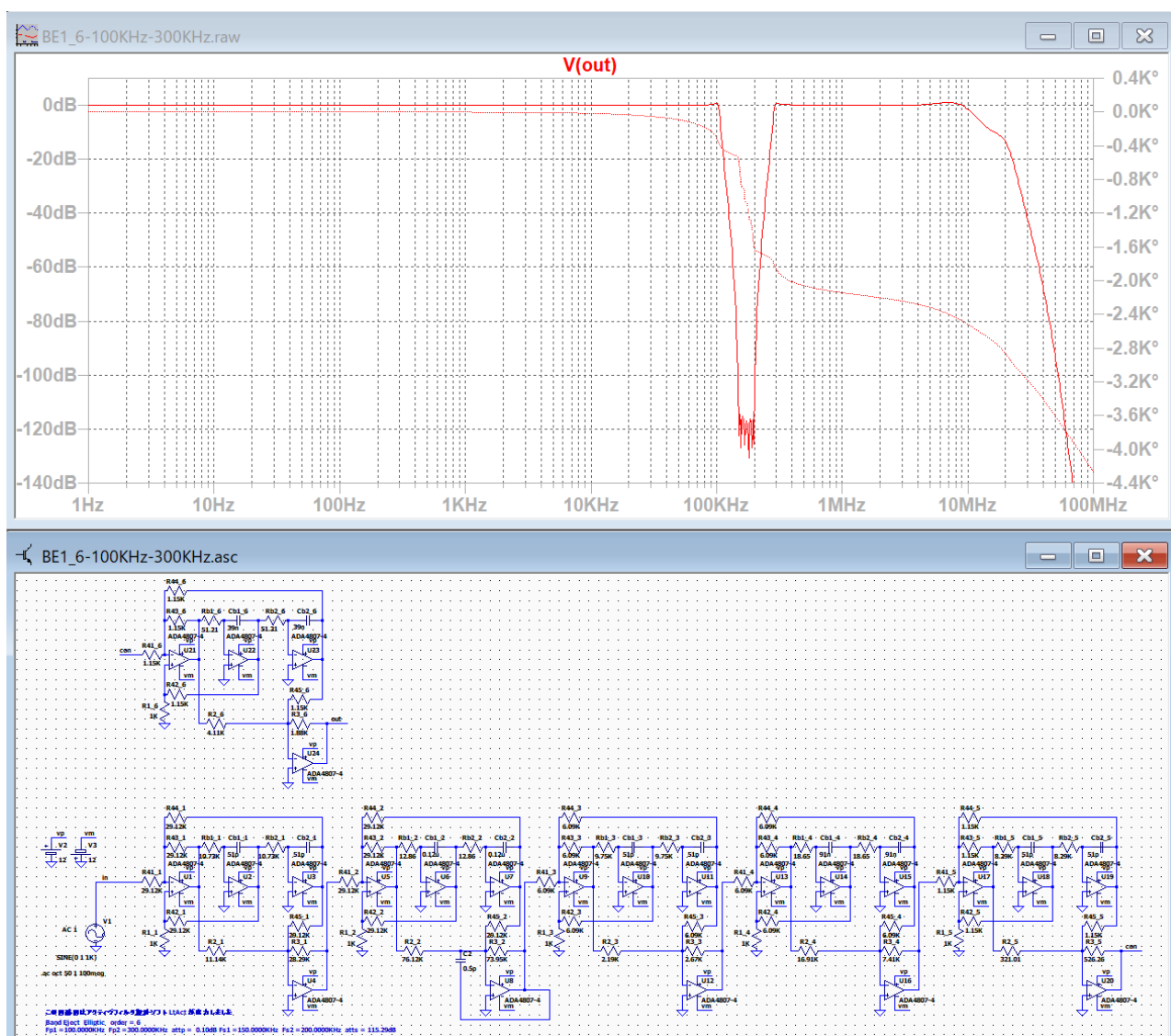
$$H_n = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	182.0213K	3.3398T	2.5396	0	3.2447T	Q= 10.0401
2	64.5478K	419.9913G	0.9715	0	1.0666T	Q= 10.0401
3	850.9350K	4.0412T	1.2173	0	1.7704T	Q= 2.3624
4	249.3840K	347.0989G	0.4381	0	422.5066G	Q= 2.3624
5	3.3034Meg	5.5955T	1.6394	0	2.5645T	Q= 0.7161
6	699.1987K	250.6834G	0.4583	0	410.9718G	Q= 0.7161

「まとめ BE1(et1)の Cb1\_1 の値」を参照して、 $Cb1\_1 = Cb1\_3 = Cb1\_5 = 50\text{p}$ ,  $Cb1\_2 = 120\text{n}$ ,  $Cb1\_4 = 90\text{n}$ ,  $Cb1\_6 = 40\text{n}$  を設定して回路図を作成します。

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドイジェクト\楕円関数\test\BE1\_6-  
100KHz-300KHz.asc 作成日時 Wed Dec 02 07:05:23 2020

アナログ Band Eject Elliptic 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 =150.0000KHz Fs2 =200.0000KHz atts = 115.29dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 10.7292K Cb\_1 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 2.5236 %  
1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 11.1400K R3\_1 = 28.2908K R4\_1 (5 個) = 29.1203K  
誤差 = 5.6144 %  
2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 12.8587 Cb\_2 (2 個) = 0.1200u 誤差 = 1.0985 %  
2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 76.1214K R3\_2 = 73.9529K R4\_2 (5 個) = 29.1203K  
誤差 = 3.6469 %  
3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 9.7538K Cb\_3 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 2.5238 %  
3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 2.1908K R3\_3 = 2.6667K R4\_3 (5 個) = 6.0873K  
誤差 = 2.2719 %  
4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 18.6523 Cb\_4 (2 個) = 91.0000n 誤差 = 3.4971 %  
4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 16.9140K R3\_4 = 7.4097K R4\_4 (5 個) = 6.0873K  
誤差 = 5.8405 %  
5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 8.2892K Cb\_5 (2 個) = 51.0000p 誤差 = 1.0759 %  
5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 321.0080 R3\_5 = 526.2624 R4\_5 (5 個) = 1.1482K  
誤差 = 5.9201 %  
6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 51.2121 Cb\_6 (2 個) = 39.0000n 誤差 = 0.4142 %  
6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 4.1073K R3\_6 = 1.8824K R4\_6 (5 個) = 1.1482K  
誤差 = 7.6715 %

BE2\_6-100KHz-300KHz.asc

バンドエリミネーション・楕円関数 6 次 100KHz-300KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類    B E フィルタ

設計するフィルタの次数 m(<=58)

遮断特性    Elliptic

阻止帯域    下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1\*xs)

阻止帯域    上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2/xs)

周波数Fp1,Fp2における減衰量又はリプル attp

最低減衰量に達する周波数をFs1として、Xs = Fs1/Fp1 を次の範囲で

入力して下さい    1 < Xs < 1.7321

100

300

0.1

dB

1.5

倍

KHz

KHz

OK

キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Elliptic 次数=6  
Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB  
Fs1 =150.0000KHz Fs2 =200.0000KHz atts = 115.29dB  
2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

Hn = -----

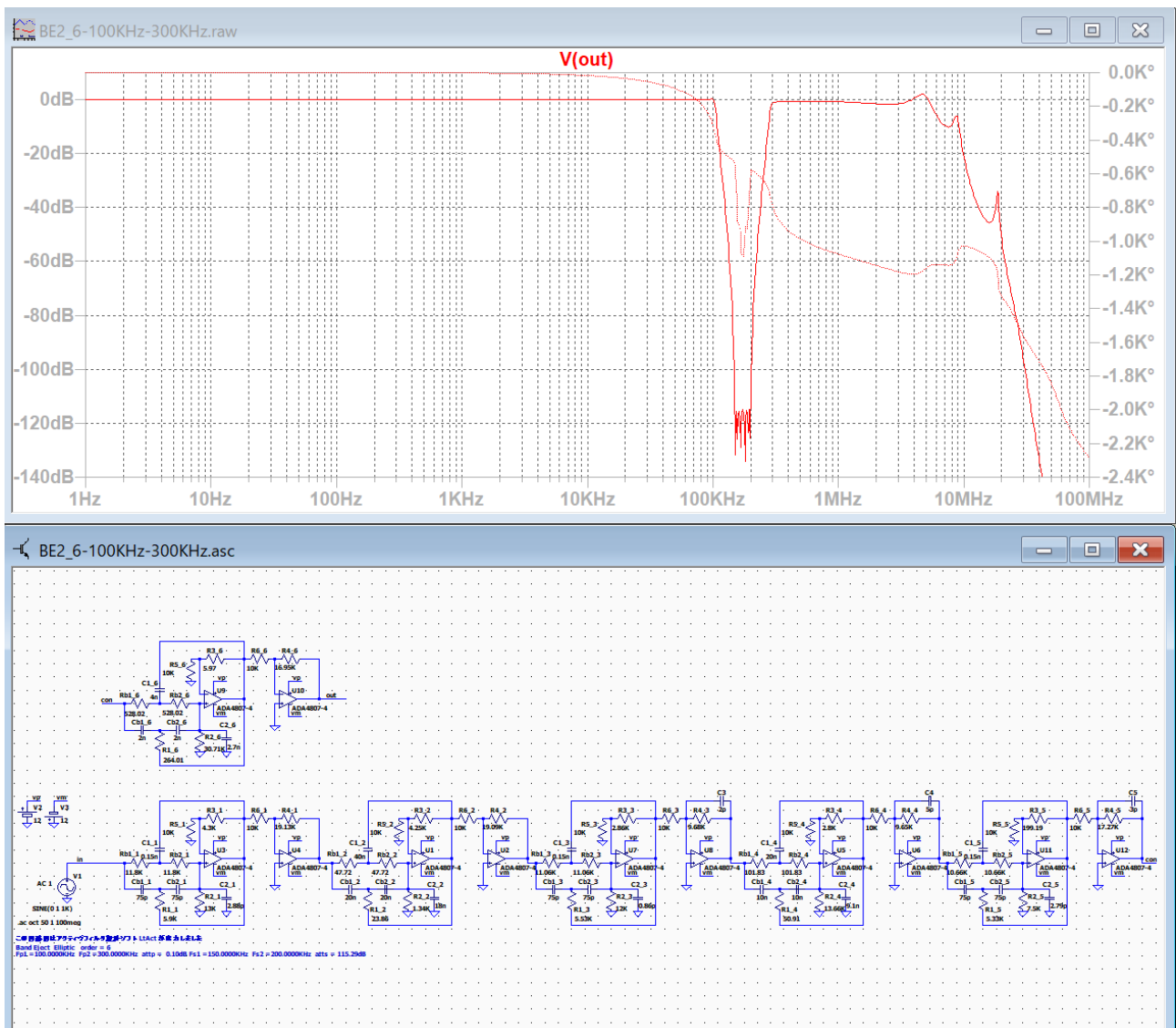
$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	182.0213K	3.3398T	2.5396	0	3.2447T	Q= 10.0401
2	64.5478K	419.9913G	0.9715	0	1.0666T	Q= 10.0401
3	850.9350K	4.0412T	1.2173	0	1.7704T	Q= 2.3624
4	249.3840K	347.0989G	0.4381	0	422.5066G	Q= 2.3624
5	3.3034Meg	5.5955T	1.6394	0	2.5645T	Q= 0.7161
6	699.1987K	250.6834G	0.4583	0	410.9718G	Q= 0.7161

「まとめ BE2(et2)の Cb1\_1 の値」を参照して、Cb1\_1= Cb1\_3= Cb1\_5=75p, Cb1\_2=20n, Cb1\_4=10n, Cb1\_6=2n を設定して回路図を作成します。

完成した回路図



\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドプロジェクト\楕円関数\test\BE2\_6-100KHz-300KHz.asc 作成日時 Wed Dec 02 07:07:28 2020

アナログ Band Eject Elliptic 次数=6

Fp1 =100.0000KHz Fp2 =300.0000KHz attp = 0.1000dB

Fs1 =150.0000KHz Fs2 =200.0000KHz atts = 115.29dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 11.7960K Cb\_1 (2 個) = 75.0000p R1\_1 = 5.8980K C1\_1 = 0.1500n 誤差 = 5.3401 %

1 R2\_1 = 13.0000K C2\_1 = 2.8796p 誤差 = 4.1794 %

1 R3\_1 = 4.2954K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 0.1075 %

1 R4\_1 = 19.1291K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 4.5528 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 47.7194 Cb\_2 (2 個) = 20.0000n R1\_2 = 23.8597 C1\_2 = 40.0000n 誤差 = 2.9780 %

2 R2\_2 = 1.3415K C2\_2 = 18.0000n 誤差 = 3.0937 %

2 R3\_2 = 4.2466K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 1.2567 %

2 R4\_2 = 19.0939K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 4.7456 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 11.0559K Cb\_3 (2 個) = 75.0000p R1\_3 = 5.5280K C1\_3 = 0.1500n 誤差 = 1.3978 %

3 R2\_3 = 12.0000K C2\_3 = 0.8648p 誤差 = 5.1829 %

3 R3\_3 = 2.8596K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 4.9084 %

3 R4\_3 = 9.6840K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 3.2634 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 101.8268 Cb\_4 (2 個) = 10.0000n R1\_4 = 50.9134 C1\_4 = 20.0000n 誤差 = 1.8021 %

4 R2\_4 = 13.6607K C2\_4 = 9.1000n 誤差 = 4.8362 %

4 R3\_4 = 2.7970K R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 3.4678 %

4 R4\_4 = 9.6538K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 3.5860 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 10.6605K Cb\_5 (2 個) = 75.0000p R1\_5 = 5.3303K C1\_5 = 0.1500n 誤差 = 5.3668 %

5 R2\_5 = 7.5000K C2\_5 = 2.7868p 誤差 = 3.1137 %

5 R3\_5 = 199.1947 R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 0.4043 %

5 R4\_5 = 17.2684K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 4.2367 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 528.0174 Cb\_6 (2 個) = 2.0000n R1\_6 = 264.0087 C1\_6 = 4.0000n 誤差 = 4.8004 %

6 R2\_6 = 30.7089K C2\_6 = 2.7000n 誤差 = 2.3085 %

6 R3\_6 = 5.9739 R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 3.7849 %

6 R4\_6 = 16.9477K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 5.5919 %

BE1\_6-600KHz-1200KHz.asc  
 バンドエリミネーション・楕円関数 6 次 600KHz-1200KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類

BEフィルタ

遮断特性

Elliptic

設計するフィルタの次数 m(<=58)

6

阻止帯域 下端の周波数 Fp1 : (Fs1 = Fp1\*xs)

600

KHz

阻止帯域 上端の周波数 Fp2 : (Fs2 = Fp2/xs)

1200

KHz

周波数Fp1,Fp2における減衰量又はリプル attp

0.1

dB

最低減衰量に達する周波数をFs1として、xs = Fs1/Fp1 を次の範囲で

1.3

倍

入力して下さい

1 < xs < 1.4142

OK

キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Elliptic 次数=6  
 Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB  
 Fs1 =780.0000KHz Fs2 =923.0769KHz atts = 117.83dB  
 2 次式の形式

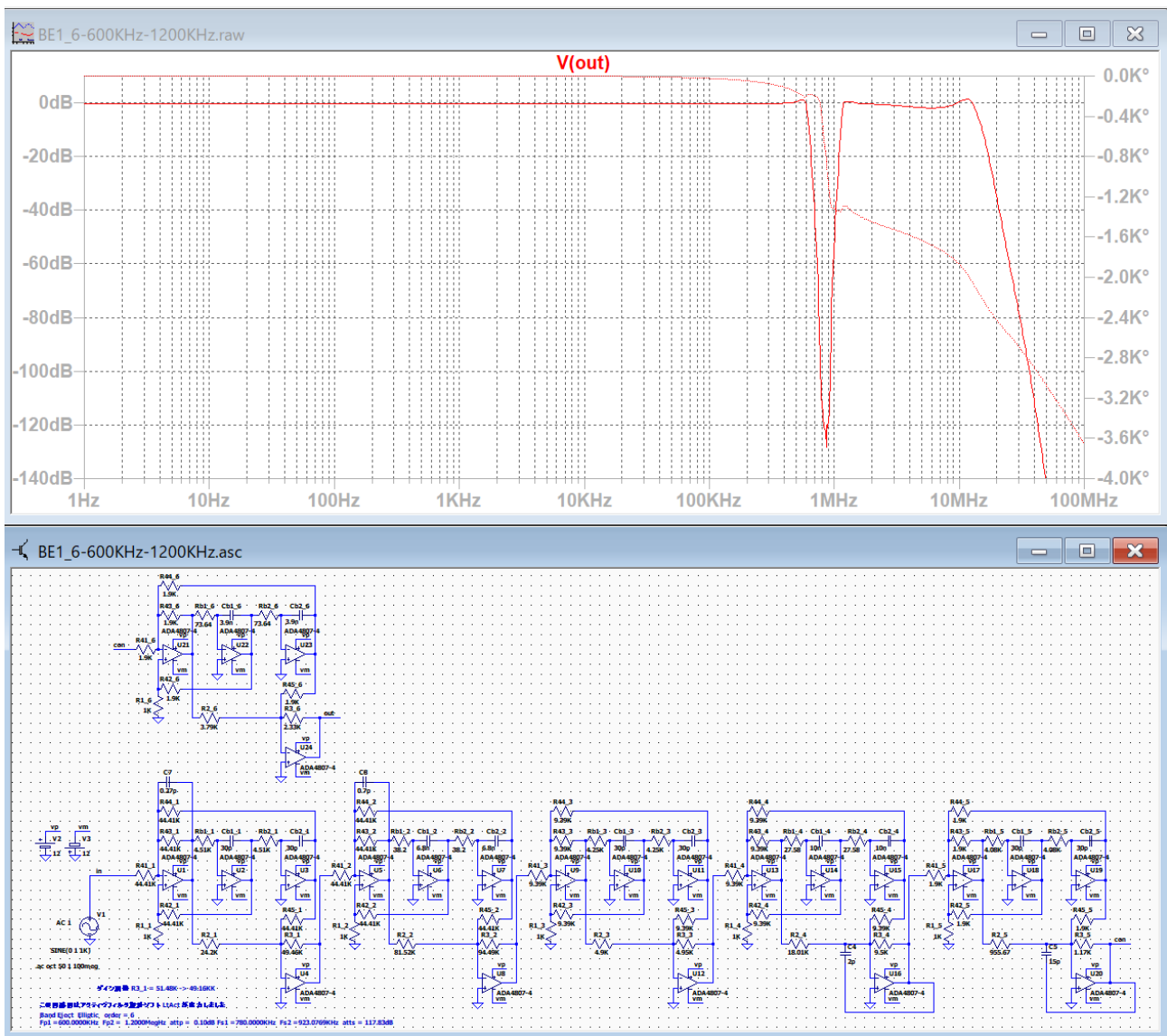
$$Hn = \frac{Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4}{s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1}$$

2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	487.8148K	54.5300T	2.1275	0	63.2071T	Q= 15.1378
2	254.2795K	14.8166T	1.1591	0	31.5218T	Q= 15.1378
3	2.2627Meg	61.4475T	1.0111	0	32.4061T	Q= 3.4644
4	1.0467Meg	13.1486T	0.5274	0	13.2949T	Q= 3.4644
5	8.4336Meg	66.6482T	1.2238	0	40.9395T	Q= 0.9680
6	3.5968Meg	12.1226T	0.6143	0	14.8362T	Q= 0.9680

「まとめ BE1(et1)の Cb1\_1 の値」を参照して、Cb1\_1=Cb1\_3= Cb1\_5=30p, Cb1\_2=7n, Cb1\_4=10n, Cb1\_6=4n を設定して回路図を作成します。

完成した回路図





\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドプロジェクト\楕円関数\test\BE1\_6-  
600KHz-1200KHz.asc 作成日時 Wed Dec 02 07:10:16 2020

アナログ Band Eject Elliptic 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =780.0000KHz Fs2 =923.0769KHz atts = 117.83dB

1 (et1) Rb\_1 (2 個) = 4.5140K Cb\_1 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 4.1207 %  
1 R1\_1 = 1.0000K R2\_1 = 24.1981K R3\_1 = 51.4807K R4\_1 (5 個) = 44.4134K  
誤差 = 3.4161 %  
2 (et1) Rb\_2 (2 個) = 38.2047 Cb\_2 (2 個) = 6.8000n 誤差 = 2.0817 %  
2 R1\_2 = 1.0000K R2\_2 = 81.5167K R3\_2 = 94.4880K R4\_2 (5 個) = 44.4134K  
誤差 = 4.9098 %  
3 (et1) Rb\_3 (2 個) = 4.2523K Cb\_3 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 1.1211 %  
3 R1\_3 = 1.0000K R2\_3 = 4.8992K R3\_3 = 4.9537K R4\_3 (5 個) = 9.3931K  
誤差 = 5.9153 %  
4 (et1) Rb\_4 (2 個) = 27.5778 Cb\_4 (2 個) = 10.0000n 誤差 = 2.0952 %  
4 R1\_4 = 1.0000K R2\_4 = 18.0092K R3\_4 = 9.4977K R4\_4 (5 個) = 9.3931K  
誤差 = 5.2222 %  
5 (et1) Rb\_5 (2 個) = 4.0830K Cb\_5 (2 個) = 30.0000p 誤差 = 4.4831 %  
5 R1\_5 = 1.0000K R2\_5 = 955.6691 R3\_5 = 1.1696K R4\_5 (5 個) = 1.9041K  
誤差 = 7.3261 %  
6 (et1) Rb\_6 (2 個) = 73.6440 Cb\_6 (2 個) = 3.9000n 誤差 = 1.8413 %  
6 R1\_6 = 1.0000K R2\_6 = 3.7936K R3\_6 = 2.3303K R4\_6 (5 個) = 1.9041K  
誤差 = 6.4975 %

# BE2\_6-600KHz-1200KHz.asc

バンドエリミネーション・楕円関数 6 次 600KHz - 1200KHz

設計パラメータの入力

フィルタの種類 BEフィルタ 遮断特性 Elliptic

設計するフィルタの次数  $m(≤58)$  6

阻止帯域 下端の周波数  $Fp1 : (Fs1 = Fp1 * xs)$  600 KHz

阻止帯域 上端の周波数  $Fp2 : (Fs2 = Fp2 / xs)$  1200 KHz

周波数  $Fp1, Fp2$  における減衰量又はリプル  $attp$  0.1 dB

最低減衰量に達する周波数を  $Fs1$  として、 $Xs = Fs1 / Fp1$  を次の範囲で  
入力して下さい  $1 < Xs < 1.4142$  1.31 倍

OK キャンセル

+++++++ 伝達関数の係数と Q 値 ++++++

アナログ Band Eject Elliptic 次数=6

$Fp1 = 600.0000\text{KHz}$   $Fp2 = 1.2000\text{MegHz}$   $attp = 0.1000\text{dB}$

$Fs1 = 780.0000\text{KHz}$   $Fs2 = 923.0769\text{KHz}$   $atts = 117.83\text{dB}$

2 次式の形式

$$Pn\_2 * s^2 + Pn\_3 * s + Pn\_4$$

$Hn = \text{-----}$

$$s^2 + Pn\_0 * s + Pn\_1$$

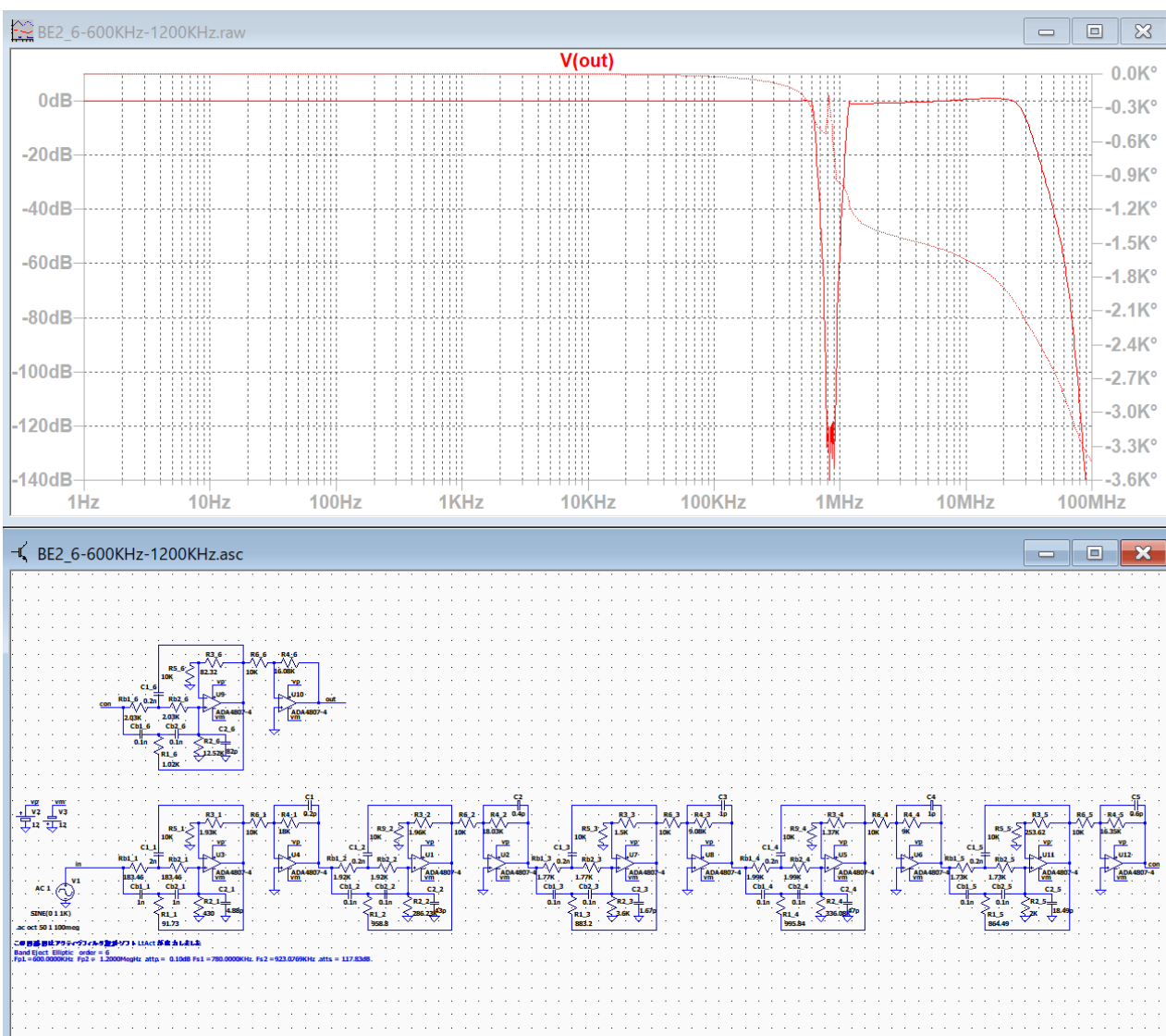
2 次式

n	Pn_0	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	
1	487.8148K	54.5300T	2.1275	0	63.2071T	Q= 15.1378
2	254.2795K	14.8166T	1.1591	0	31.5218T	Q= 15.1378
3	2.2627Meg	61.4475T	1.0111	0	32.4061T	Q= 3.4644
4	1.0467Meg	13.1486T	0.5274	0	13.2949T	Q= 3.4644
5	8.4336Meg	66.6482T	1.2238	0	40.9395T	Q= 0.9680
6	3.5968Meg	12.1226T	0.6143	0	14.8362T	Q= 0.9680

「まとめ BE2(et2)の  $Cb1\_1$  の値」を参照して、 $Cb1\_1 = Cb1\_3 = Cb1\_5 = 200\text{p}$ ,  $Cb1\_2 = 2\text{n}$ ,  $Cb1\_4 = 1\text{n}$ ,  $Cb1\_6 = 0.2\text{n}$  を設定して回路図を作成したが好結果が得られなかった。

試行錯誤の末  $Cb1\_1 = 1\text{n}$ ,  $Cb1\_2 = Cb1\_3 = Cb1\_4 = Cb1\_5 = Cb1\_6 = 0.1\text{n}$  を設定しました。

## 完成した回路図



表の推奨値で好結果が得られない場合

すべての  $Cb1\_?$  を  $0.1n$  設定して  $V(out)$  と第一ブロックの出力を確認して、好結果が得られなければ、 $Cb1\_1$  だけを  $0.01n$ ,  $1n$ ,  $10n$  に変更して確認します。

良さそうな  $Cb1\_1$  が見つかったら、 $Cb1\_1$  を  $1/2$  倍と  $2$  倍の場合も確認して良好なほうを選択して、オーバーシュートを抑制して回路図を完成します。

このフィルタの場合は、 $Cb1\_1 < 0.1n$  または  $Cb1\_1 > 10n$  では好結果が得られませんでした。 $Cb1\_1 = 5.1n$  では少しオーバーシュートが残りました。

\*\*\*\*\* 回路の構成と素子値 \*\*\*\*\*

回路図ファイル名 E:\LT test\設計例\バンドプロジェクト\楕円関数\test\BE2\_6-600KHz-1200KHz.asc 作成日時 Wed Dec 02 12:33:26 2020

アナログ Band Eject Elliptic 次数=6

Fp1 =600.0000KHz Fp2 = 1.2000MegHz attp = 0.1000dB

Fs1 =780.0000KHz Fs2 =923.0769KHz atts = 117.83dB

1 (et2) Rb\_1 (2 個) = 183.4629 Cb\_1 (2 個) = 1.0000n R1\_1 = 91.7315 C1\_1 = 2.0000n 誤差 = 2.0490 %

1 R2\_1 = 430.0000 C2\_1 = 4.8787p 誤差 = 3.6634 %

1 R3\_1 = 1.9318K R5\_1 = 10.0000K 誤差 = 3.5325 %

1 R4\_1 = 18.0042K R6\_1 = 10.0000K 誤差 = 0.0236 %

2 (et2) Rb\_2 (2 個) = 1.9176K Cb\_2 (2 個) = 0.1000n R1\_2 = 958.8032 C1\_2 = 0.2000n 誤差 = 6.0764 %

2 R2\_2 = 286.2265K C2\_2 = 43.0000p 誤差 = 4.8121 %

2 R3\_2 = 1.9568K R5\_2 = 10.0000K 誤差 = 2.2098 %

2 R4\_2 = 18.0314K R6\_2 = 10.0000K 誤差 = 0.1741 %

3 (et2) Rb\_3 (2 個) = 1.7664K Cb\_3 (2 個) = 0.1000n R1\_3 = 883.2022 C1\_3 = 0.2000n 誤差 = 3.5810 %

3 R2\_3 = 3.6000K C2\_3 = 1.6706p 誤差 = 4.2265 %

3 R3\_3 = 1.5043K R5\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.2840 %

3 R4\_3 = 9.0828K R6\_3 = 10.0000K 誤差 = 0.1891 %

4 (et2) Rb\_4 (2 個) = 1.9917K Cb\_4 (2 個) = 0.1000n R1\_4 = 995.8356 C1\_4 = 0.2000n 誤差 = 0.5914 %

4 R2\_4 = 336.0758K C2\_4 = 47.0000p 誤差 = 1.8079 %

4 R3\_4 = 1.3686K R5\_4 = 10.0000K 誤差 = 5.0108 %

4 R4\_4 = 8.9995K R6\_4 = 10.0000K 誤差 = 1.1169 %

5 (et2) Rb\_5 (2 個) = 1.7290K Cb\_5 (2 個) = 0.1000n R1\_5 = 864.4928 C1\_5 = 0.2000n 誤差 = 6.5847 %

5 R2\_5 = 2.0000K C2\_5 = 18.4857p 誤差 = 2.6274 %

5 R3\_5 = 253.6247 R5\_5 = 10.0000K 誤差 = 5.3720 %

5 R4\_5 = 16.3485K R6\_5 = 10.0000K 誤差 = 2.1317 %

6 (et2) Rb\_6 (2 個) = 2.0348K Cb\_6 (2 個) = 0.1000n R1\_6 = 1.0174K C1\_6 = 0.2000n 誤差 = 2.4169 %

6 R2\_6 = 12.5197K C2\_6 = 82.0000p 誤差 = 3.8361 %

6 R3\_6 = 82.3168 R5\_6 = 10.0000K 誤差 = 0.3848 %

6 R4\_6 = 16.0841K R6\_6 = 10.0000K 誤差 = 0.5231 %

## 基本回路とコンデンサの推奨値

LP1

C1\_1の値

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	10n	1n	0.5n
10	1n	0.1n	0.1n
100	1n	1n	0.1n
1000	1n	1n	0.1n

LP2

C1\_1の値

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	10n	1n	1n
10	1n	1n	1n
100	1n	1n	0.1n
1000	1n	0.1n	0.1n

LP3(et1)

Cb1\_1の値

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	10u	8.2u	3u
10	1.2u	0.9u	0.4u
100	120n	90n	40n
1000	18n	10n	4n

LP4(et2)

Cb1\_1の値

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	3u	1u	0.1u
10	0.2u	0.1u	20n
100	20n	10n	2n
1000	2n	1n	0.2n

HP1

C1\_1の値

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	50p	50p	50p
1000	30p	30p	30p

HP2

C1\_1の値

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	50p	50p	50p
1000	30p	30p	30p

HP3(et1)

Cb1\_1の値

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	50p	50p	50p
1000	30p	30p	30p

HP4(et2)

Cb1\_1の値

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	75p	75p	75p
1000	200p	200p	200p

BP1

C1\_1の値

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	50p	50p	50p
1000	30p	30p	30p

BP2

C1\_1の値

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	50p	50p	50p
1000	30p	30p	30p

BP3(et1)

Cb1\_1の値

奇数ブロック用

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	10u	8.2u	3u
10	1.2u	0.9u	0.4u
100	120n	90n	40n
1000	18n	10n	4n

BP4(et2)

Cb1\_1の値

奇数ブロック用

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	3u	1u	0.1u
10	0.2u	0.1u	20n
100	20n	10n	2n
1000	2n	1n	0.2n

BP3(et1)

Cb1\_1の値

偶数ブロック用

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	50p	50p	50p
1000	30p	30p	30p

BP4(et2)

Cb1\_1の値

偶数ブロック用

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	75p	75p	75p
1000	200p	200p	200p

BE1(et1)                      Cb1\_1の値                      奇数ブロック用

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	50p	50p	50p
1000	30p	30p	30p

BE2(et2)                      Cb1\_1の値                      奇数ブロック用

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	1n	1n	1n
10	100p	100p	100p
100	75p	75p	75p
1000	200p	200p	200p

BE1(et1)                      Cb1\_1の値                      偶数ブロック用

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	10u	8.2u	3u
10	1.2u	0.9u	0.4u
100	120n	90n	40n
1000	18n	10n	4n

BE2(et2)                      Cb1\_1の値                      偶数ブロック用

周波数 KHz	Q = 5	Q = 2	Q = 1
1	3u	1u	0.1u
10	0.2u	0.1u	20n
100	20n	10n	2n
1000	2n	1n	0.2n

lp1 (1次)                      C1の値

周波数 KHz	
1	1n
10	0.1n
100	10p
1000	10p

hp1 (1次)                      C1の値

周波数 KHz	
1	1n
10	0.1n
100	10p
1000	10p



フィルタ 基本回路

ローパス 次数 $n = 2m(+1)$	バターワース 及び チェビシェフ	逆チェビシェフ 及び 楕円関数
ファイル名 →	LP1_n $n = 2m(+1)$	LP3_n $n = 2m(+1)$
回路構成 →	(lp1 +) LP1 * m	(lp1 +) et1 * m
ファイル名 →	LP2_n $n = 2m(+1)$	LP4_n $n = 2m(+1)$
回路構成 →	(lp1 +) LP2 * m	(lp1 +) et2 * m
ハイパス 次数 $n = 2m(+1)$	バターワース 及び チェビシェフ	逆チェビシェフ 及び 楕円関数
ファイル名 →	HP1_n $n = 2m(+1)$	HP3_n $n = 2m(+1)$
回路構成 →	(hp1 +) HP1 * m	(hp1 +) et1 * m
ファイル名 →	HP2_n $n = 2*m(+1)$	HP4_n $n = 2m(+1)$
回路構成 →	(hp1 +) HP2 * m	(hp1 +) et2 * m
バンドパス 次数 $n = 2m(+1)$	バターワース 及び チェビシェフ	逆チェビシェフ 及び 楕円関数
ファイル名 →	BP1_n	BP3_n $n = 2m(+1)$
回路構成 →	BP1 * n	(BP2+) et1 * 2m
ファイル名 →	BP2_n	BP4_n $n = 2m(+1)$
回路構成 →	BP2 * n	(BP2+) et2 * 2m
バンドエリミネーション 次数 n	バターワース 及び チェビシェフ	逆チェビシェフ 及び 楕円関数
ファイル名 →	BE1_n	BE1_n
回路構成 →	et1 * n	et1 * n
ファイル名 →	BE2_n	BE2_n
回路構成 →	et2 * n	et2 * n

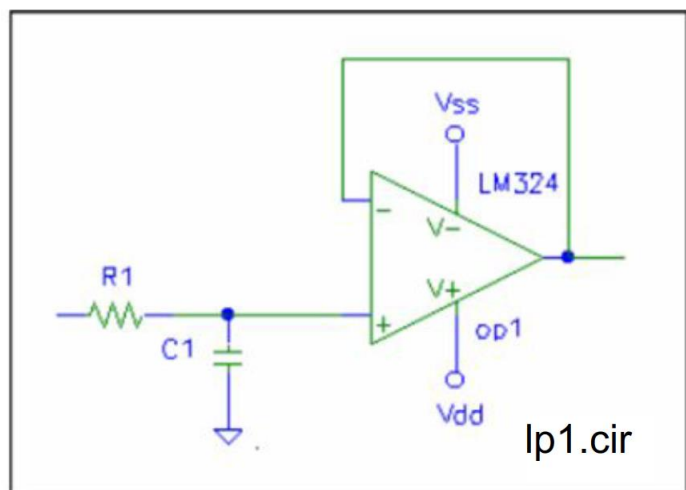


図 2-1 1 次のローパスフィルタ基本回路 1 lp1\_1.cir

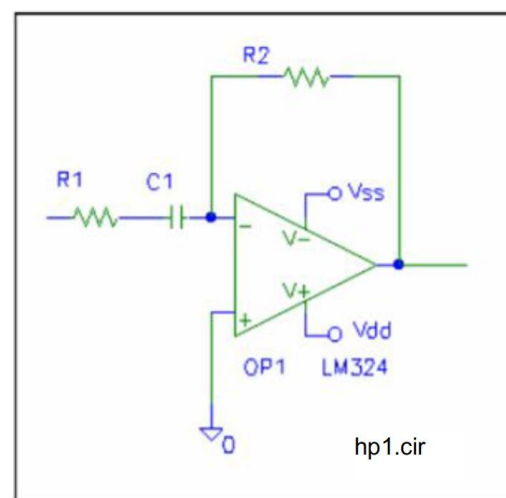


図 4-1 1 次のハイパスフィルタ基本回路 1 hp1\_1.cir

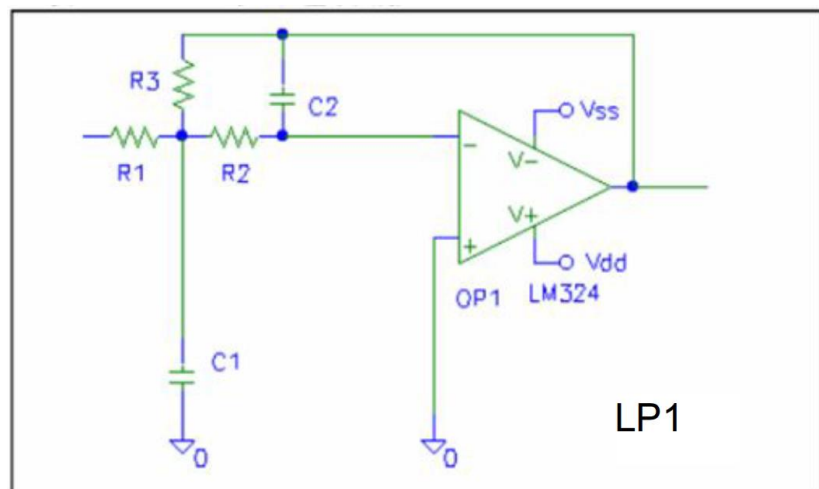


図 2-3 2 次のローパスフィルタ基本回路 lpat1\_2.cir

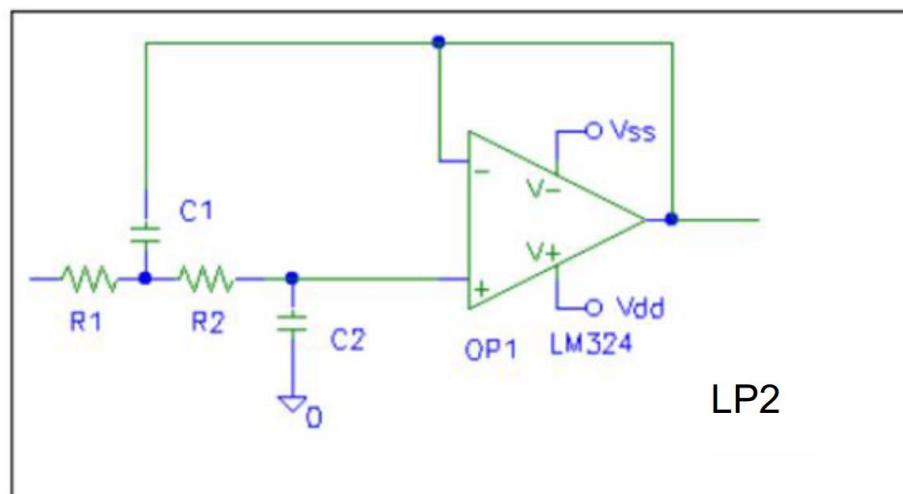


図 2-4 2 次のローパスフィルタ基本回路 lpat2\_2.cir

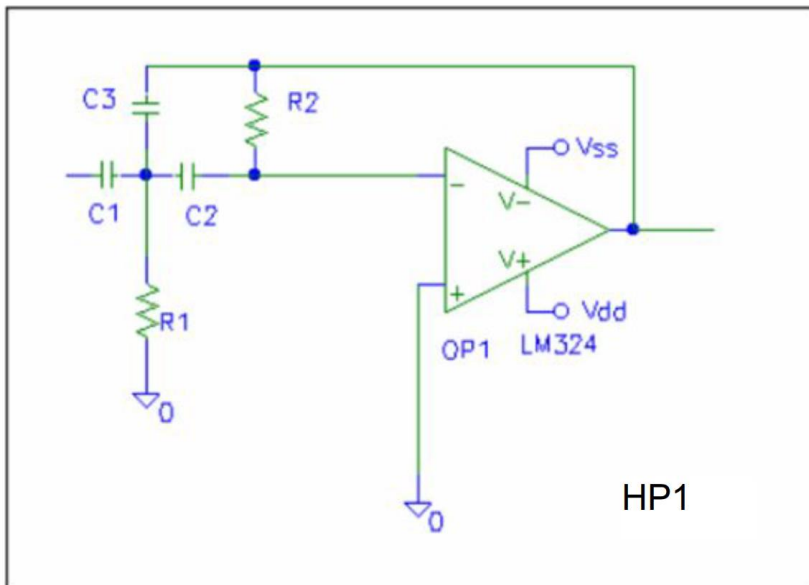


図 4-2 2次のハイパスフィルタ基本回路 hpat1\_2.cir

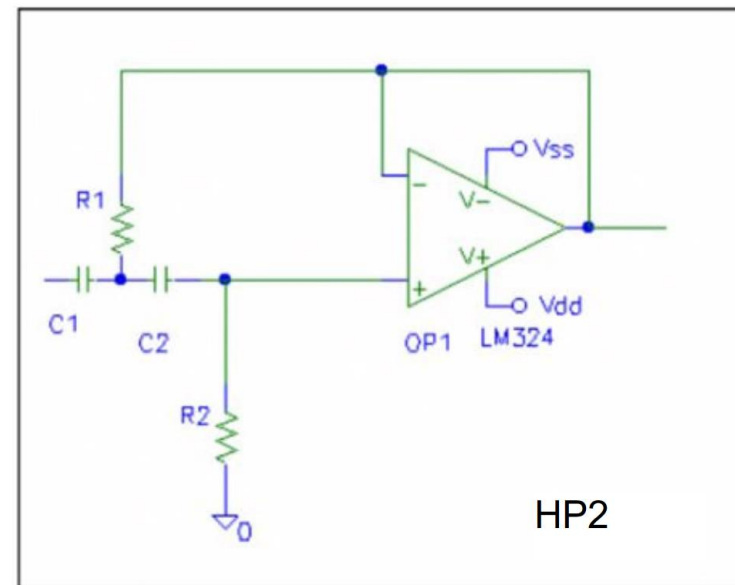


図 4-3 2次のハイパスフィルタ基本回路 hpat2\_2.cir

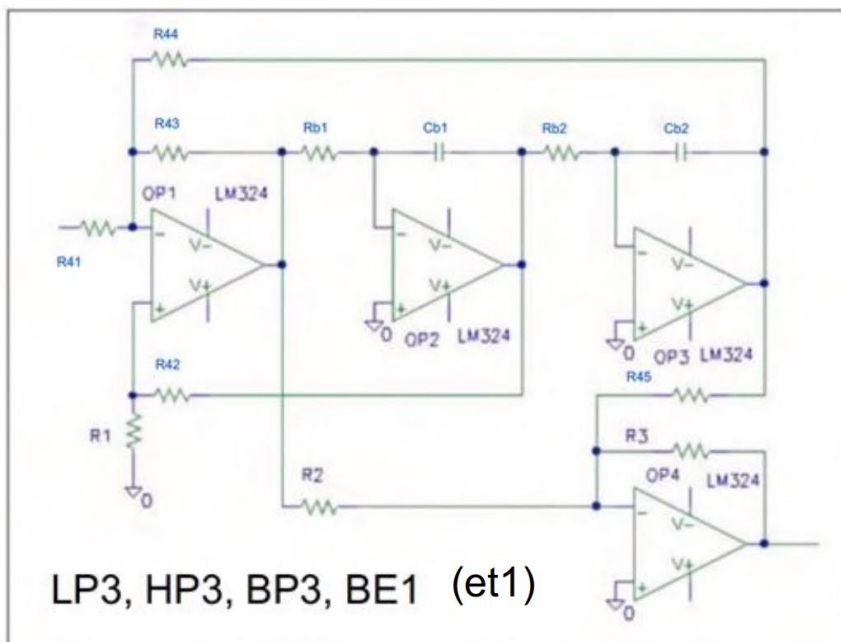


図 2-5 2次のローパスフィルタ基本回路 lpet1\_2.cir

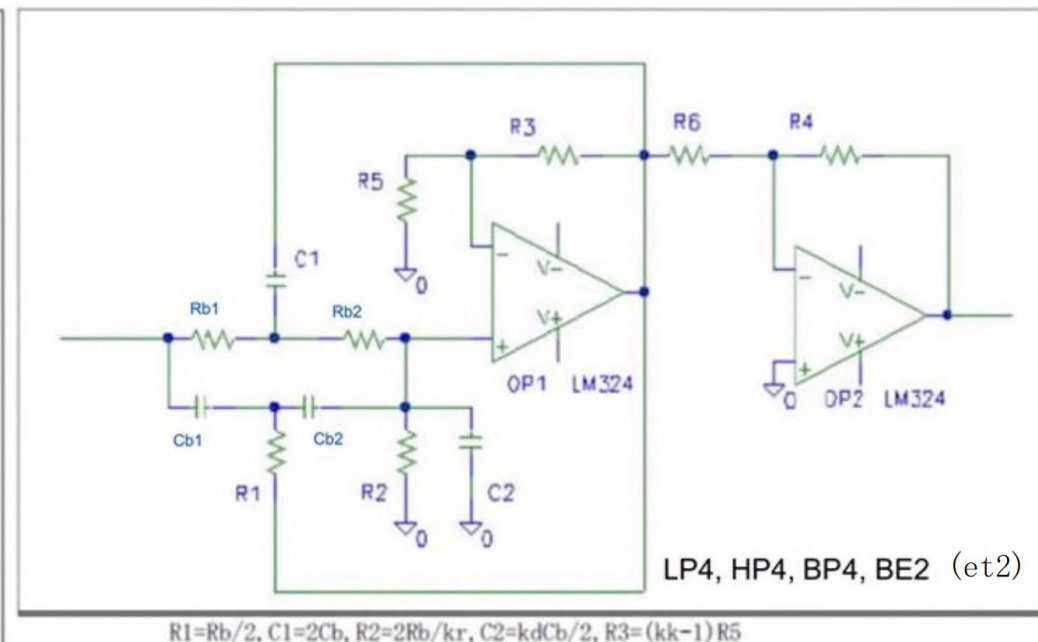


図2-6 2次のローパスフィルタ基本回路 lpet2\_2.cir

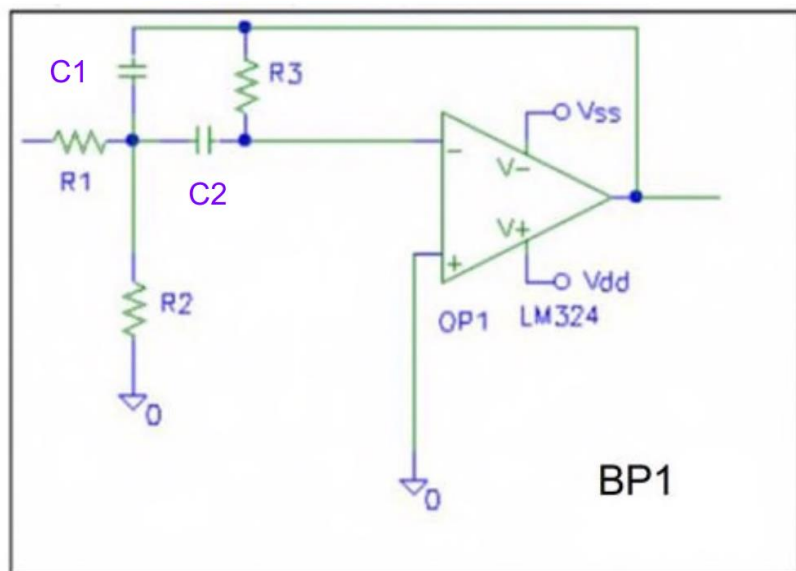


図6-1 1次のバンドパスフィルタ基本回路 1 bpat1.cir

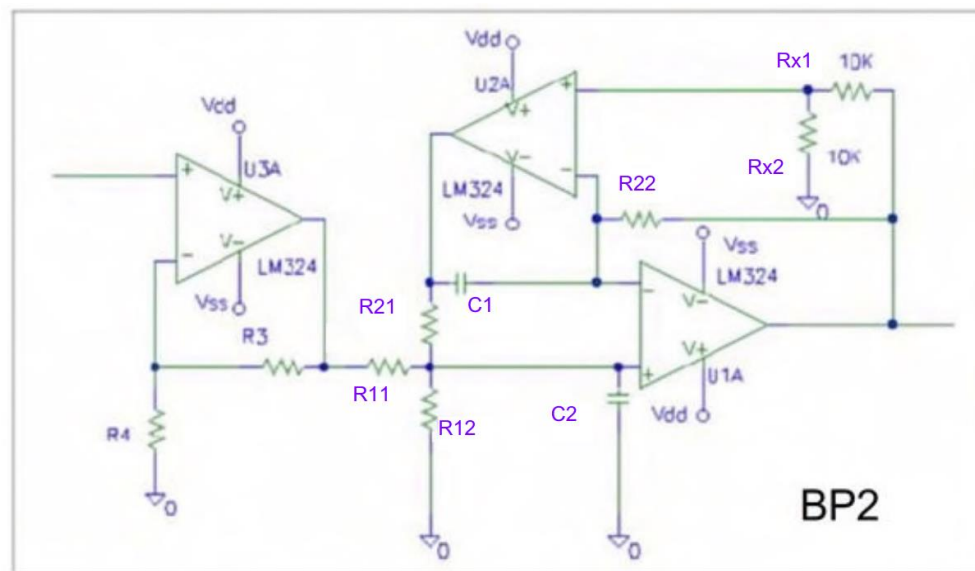


図6-2 1次のバンドパスフィルタ基本回路 bpat2\_1.cir