

## 多重帰還形 2 次 L P F / H P F の設計 (MFLPFHPF.exe)

多重帰還形 2 次 L P F / H P F の定数計算と伝達関数の逆算を行います。

### 1. 回路定数の算出

- 1) 「LPF」または「HPF」ラジオボタンで種類を指定します。
- 2) 「E 系列指定」を抵抗 (R) とコンデンサ (C) について設定します。
- 3) 「参照 Z」で回路インピーダンスを指定します。
- 4)  $f_0$ ,  $Q$ ,  $H$  を指定して「定数計算」ボタンをクリックすると回路定数を算出し結果の伝達関数を表示します。

### 2. 伝達関数の算出

$R1 \sim R3$ ,  $C1 \sim C3$  を入力して「伝達関数」ボタンをクリックすると伝達関数を算出して表示します。

### 3. 「印刷」ボタン

結果をテキストで印刷します。

### 4. 「コピー」ボタン

結果をテキストでクリップボードにコピーします。

### 5. 「クリア」ボタン

入力と結果の表示をクリアします。

### 6. 数値入力

数値には  $n$ ,  $u$ ,  $m$ ,  $k$ ,  $M$ ,  $G$  等の補助単位記号を使用できます。

### 【使用上の注意】

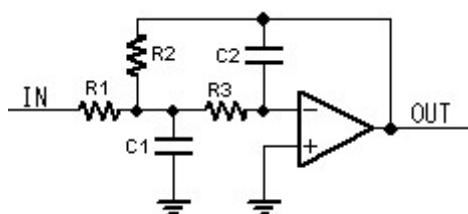
- 1) 帯域外の高域では減衰量が低下します。  
高域でオペアンプの出力インピーダンスが上がるため  $R2$ ,  $C2$  経路で出力側にリークするため。
- 2)  $Q < 0.7071$  では  $H < 1$  となる。

## 参考資料

### 1. 多重帰還型 2 次 L P F / H P F の特徴

- 1) 反転増幅形なのでオペアンプ入力端の振幅が極めて小さい。  
入力同相電圧範囲の狭いオペアンプでも、出力側がレールツーレールならフルスイング出力が可能（低電源電圧の場合に有効）。
- 2) Qが高くなると素子値比が広がるため高Qには向かない。
- 3) R1, R2 (LPF) または C1, C2 (HPF) の比で通過域のゲインが決まるため、素子値のバラツキで通過域ゲインが変動する。
- 4) H P F の入力インピーダンスが C 負荷になるため対策が必要になる場合がある。

### 2. 多重帰還型 2 次 L P F の伝達関数



$$T_s = H * \omega_o^2 / (S^2 + \omega_o/Q * S + \omega_o^2)$$
$$= R2/R1 * (1/(C1*C2*R2*R3)) / (S^2 + C2*(R2*R3/R1+R2+R3)/(C1*C2*R2*R3) + 1/(C1*C2*R2*R3))$$

従って

$$H = R2/R1$$

$$\omega_o = 1/\sqrt{C1*C2*R2*R3}$$

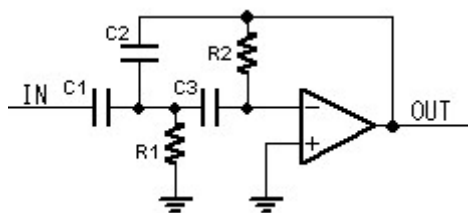
$$Q = \sqrt{C1*C2*R2*R3} / (C2*(R2*R3/R1+R2+R3))$$

#### 【LPFの使用上の注意】

高域では減衰量が理論値より低下します。

高域でオペアンプの出力インピーダンスが上がるため R2、C2 経由で出力側にリークするため。

### 3. 多重帰還型 2 次 H P F



$$T_s = H * S^2 / (S^2 + \omega_o/Q * S + \omega_o^2)$$
$$= C1/C2 * S^2 / (S^2 + R1*(C1+C2+C3)/(R1*R2*C2*C3)*S + 1/(R1*R2*C2*C3))$$

従って

$$H = C1/C2$$

$$\omega_0 = 1/\sqrt{R_1 R_2 C_2 C_3}$$

$$Q = \sqrt{R_1 R_2 C_2 C_3} / (R_1 (C_1 + C_2 + C_3))$$

**【HPFの使用上の注意】**

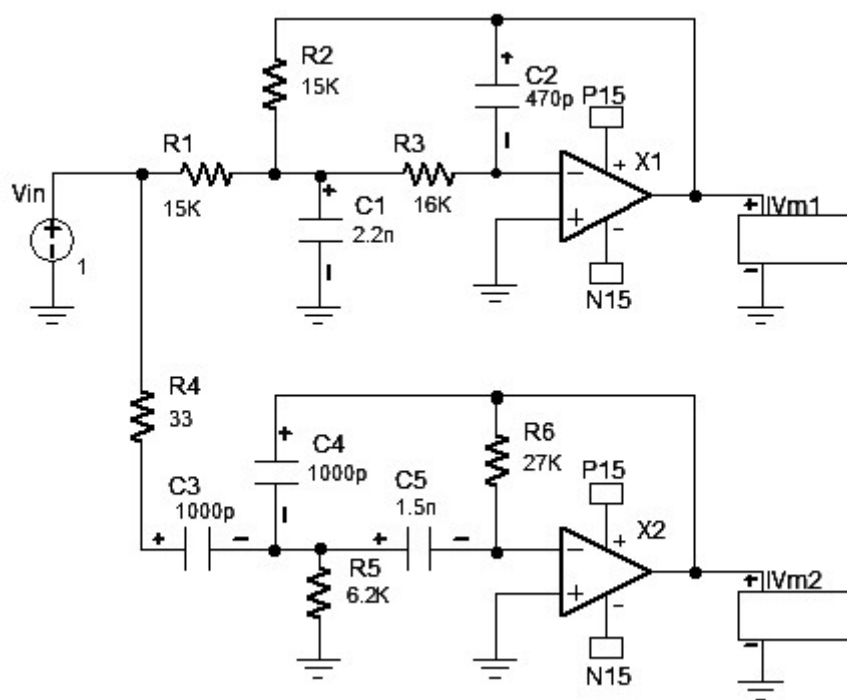
入力側が容量負荷になるため、駆動側のアンプが不安定になる恐れがあります。

この場合は入力端に直列に数十Ω程度の抵抗を挿入すると発振を防止できます。

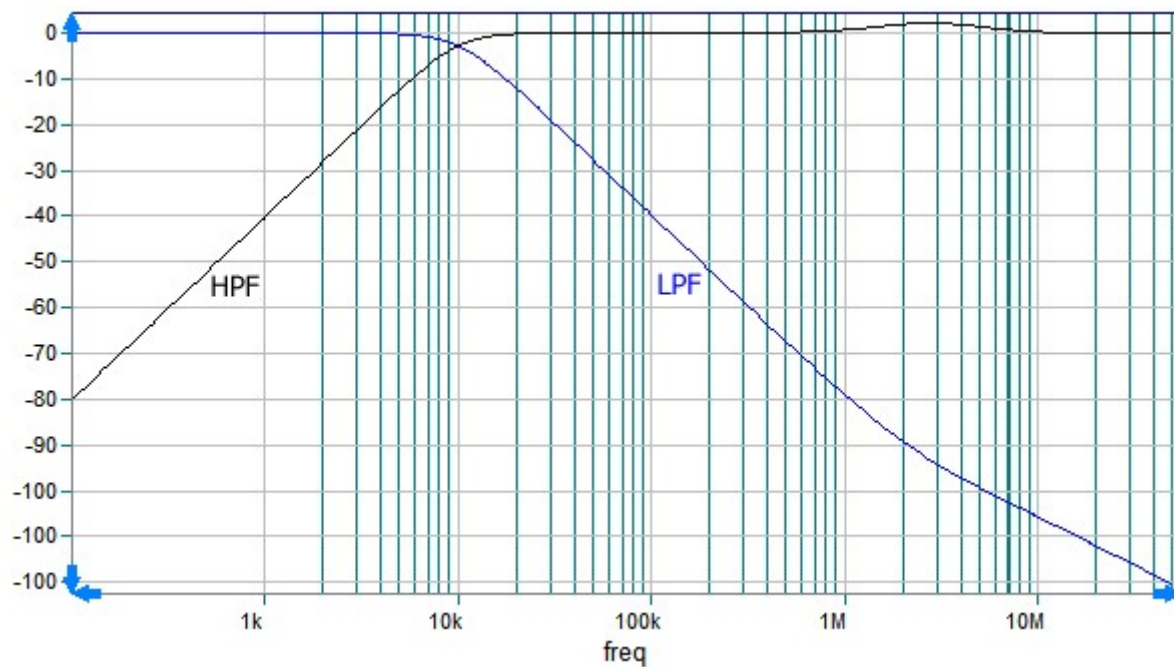
またこの抵抗値を適切に選択することにより高域でのピーキングを抑えることができます。

#### 4. シミュレーション例

オペアンプ : AD8531AR



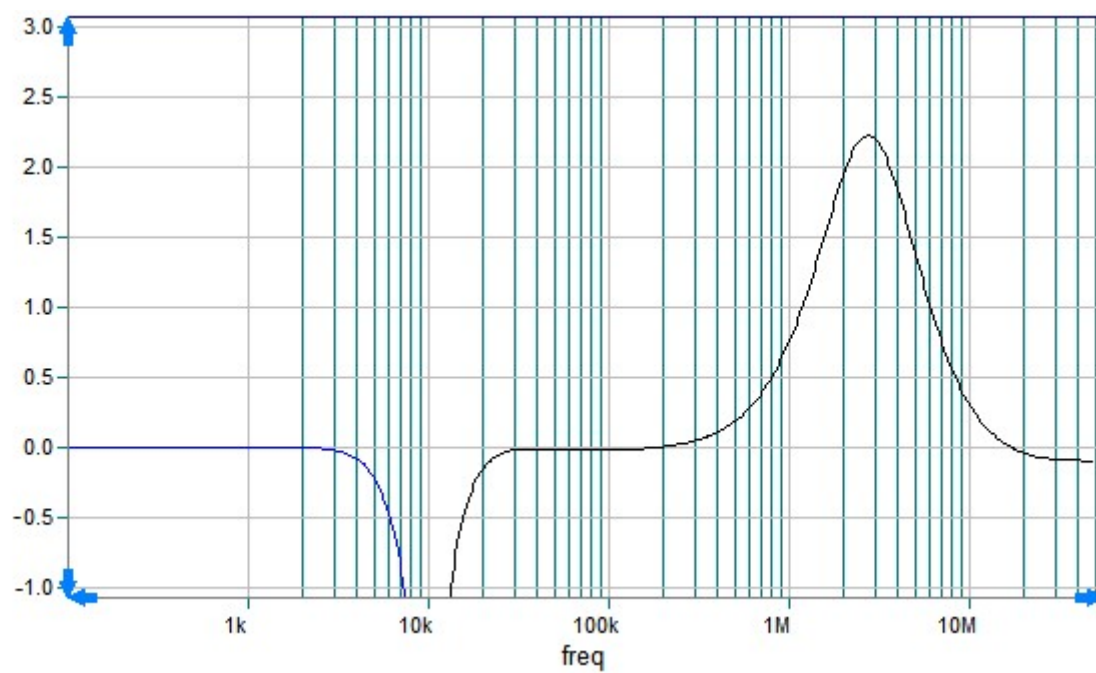
$R4=0\ \Omega$



ユニティゲイン周波数1MHz以上で理論値から外れている。

R4=0Ω 拡大表示

HPFの3MHz近辺が持ち上がっている



R4=33Ω 拡大表示

ピークが抑制されている

