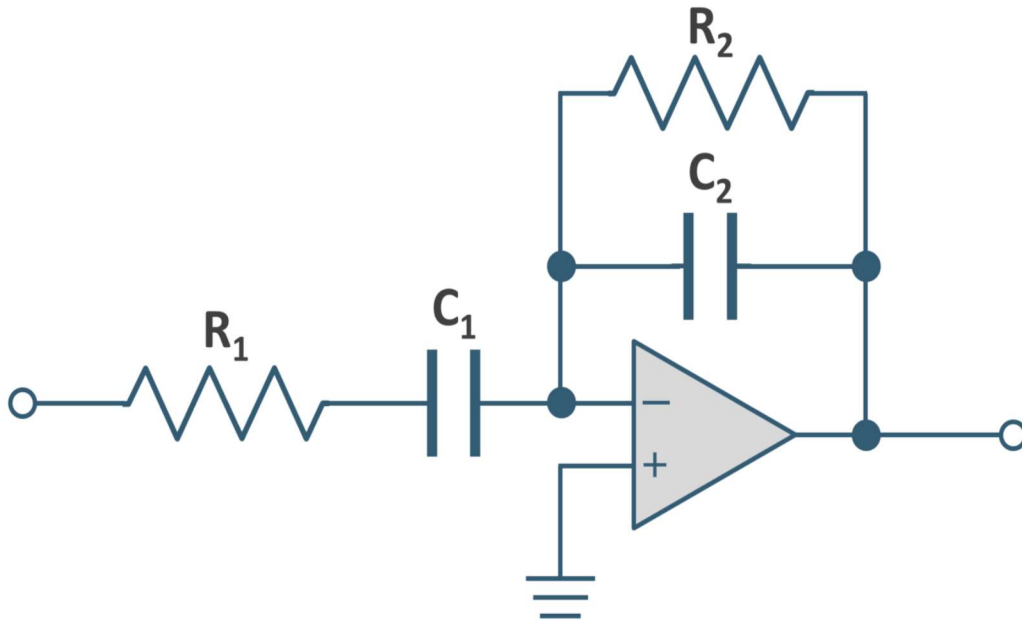


# アナログフィルターのワーストケース解析

このアプリケーションでは、アナログバンドパスフィルタのワーストケース解析を行います。対象とする回路は、オペアンプを利用したアクティブフィルタです。また、ワーストケース解析には、電子部品の公称値と許容差から求めたものデータを使用します。



## 0. 伝達関数を求めるための基礎関数の定義

キャパシタのインピーダンス  
(ラプラスドメイン)

$$Z_C := (C_0) \rightarrow \frac{1}{s \cdot C_0}$$

インダクタのインピーダンス  
(ラプラスドメイン)

$$Z_L := (L_0) \rightarrow s \cdot L_0$$

並列部品の  
インピーダンス合成

$$||_Z := (Z_1, Z_2) \rightarrow \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

## 1. アナログバンドパスフィルターの伝達関数

---

入力インピーダンス

$$Z_i := R_1 + Z_C(C_1) = R_1 + \frac{1}{s \cdot C_1}$$

フィードバックインピーダンス

$$Z_f := \parallel_Z(R_2, Z_C(C_2)) = \frac{R_2}{s \cdot C_2 \cdot \left( R_2 + \frac{1}{s \cdot C_2} \right)}$$

伝達関数

$$G_s := -\frac{Z_f}{Z_i} = -\frac{R_2}{s \cdot C_2 \cdot \left( R_2 + \frac{1}{s \cdot C_2} \right) \cdot \left( R_1 + \frac{1}{s \cdot C_1} \right)}$$

Maple の DynamicSystems パッケージ  
向けにシステムオブジェクトを作成

`tfsys := DynamicSystems:-TransferFunction(G_s)`

オブジェクトの確認

`DynamicSystems:-PrintSystem(tfsys) =`

```
Transfer Function  
continuous  
1 output(s); 1 input(s)  
inputvariable = [u1(s)]  
outputvariable = [y1(s)]  
  
tf1,1 =  $-\frac{R_2 \cdot C_1 \cdot s}{C_1 \cdot C_2 \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot s^2 + (C_1 \cdot R_1 + C_2 \cdot R_2) \cdot s + 1}$ 
```

## 2. パラメータリストの作成

---

部品名

`Parts := [R1, R2, C1, C2]`

公称値

`Nom := [4.7·103, 47·103, 10·10-9, 680·10-12]`

許容差

`Tol := [10, 5, 5,  $\frac{1}{680} \cdot 100$ ]`

許容差を元にしたパラメータリスト

`Par := [seq(Nom + ~Nom · ~Tol · ~ (Bits:-Split(i, bits = nops(Nom)) · 2 - ~1) · 0.01,  
i = 1 .. nops(Nom)2)]`

### 3. ボード線図プロット

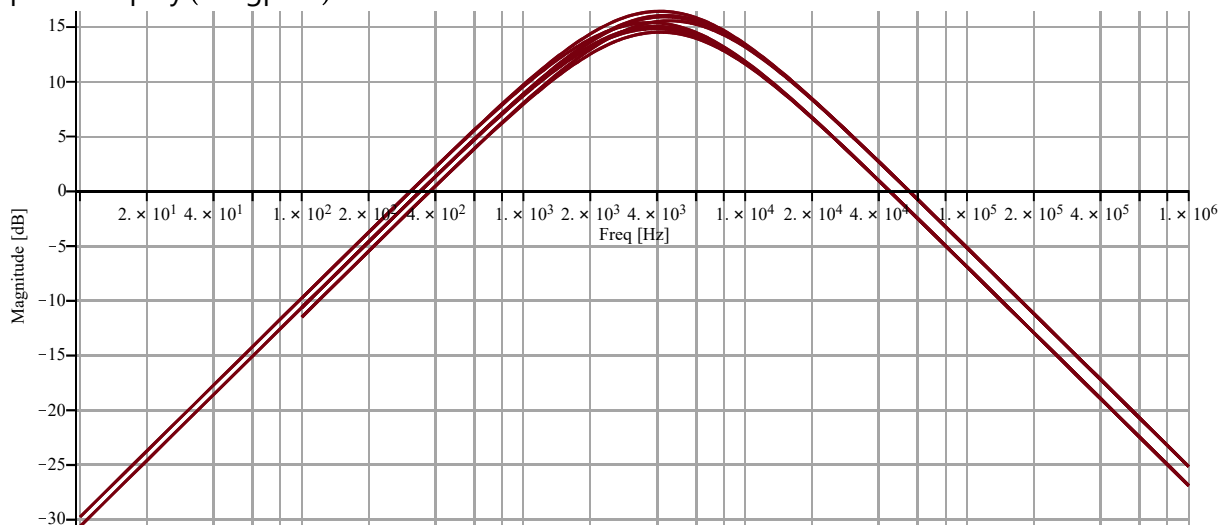
ボード線図プロットのためのプロットデータ取得

```
magplist := [seq( DynamicSystems:-BodePlot( tfsys,  
      parameters = [seq( Parts[i] = Par[j][i], i = 1 ..nops( Parts ) ) ],  
      output = magnitudeplot, hertz), j = 1 ..nops( Nom)2 ) ]
```

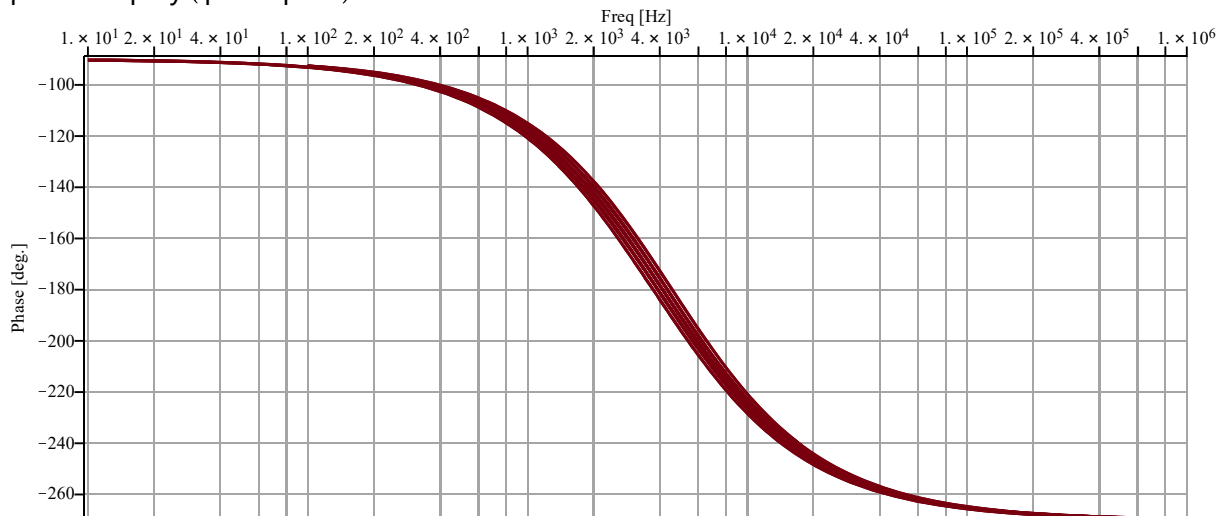
```
phaseplist := [seq( DynamicSystems:-BodePlot( tfsys,  
      parameters = [seq( Parts[i] = Par[j][i], i = 1 ..nops( Parts ) ) ],  
      output = phaseplot, hertz), j = 1 ..nops( Nom)2 ) ]
```

プロットの確認

plots:-display( magplist ) =



plots:-display( phaseplist ) =



### 3. 最大/最小となるパラメータセットの確認

---

ゲイン線図のデータを取得

```
magdat := [seq(DynamicSystems:-BodePlot(tfsys,  
    parameters = [seq(Parts[i] = Par[j][i], i = 1 ..nops(Parts))],  
    output = magnitudedata, hertz), j = 1 ..nops(Nom)^2)]
```

各パラメータセットにおいてゲインが最大となるデータ点を抽出

```
maxmag := [seq(max(convert(magdat[i][1 ..-1, 2], list)), i = 1 ..nops(Nom)^2)]
```

最大/最小となるパラメータセットの確認

```
maxvalue, maxpos := ListTools:-FindMaximalElement(maxmag, position)
```

```
minvalue, minpos := ListTools:-FindMinimalElement(maxmag, position)
```

結果の整理

```
MaxPattern := seq(Parts[i] = Par[maxpos][i], i = 1 ..nops(Parts))
```

```
NomPattern := seq(Parts[i] = Nom[i], i = 1 ..nops(Parts))
```

```
MinPattern := seq(Parts[i] = Par[minpos][i], i = 1 ..nops(Parts))
```

最大/公称/最小となるパラメータセット

$$\text{MaxPattern} = R_1 = 4.230 \times 10^3, R_2 = 4.935 \times 10^4, C_1 = 1.050 \times 10^{-8}, C_2 = 6.790 \times 10^{-10}$$

$$\text{NomPattern} = R_1 = 4.700 \times 10^3, R_2 = 47000, C_1 = 1.000 \times 10^{-8}, C_2 = 6.800 \times 10^{-10}$$

$$\text{MinPattern} = R_1 = 5.170 \times 10^3, R_2 = 4.465 \times 10^4, C_1 = 9.500 \times 10^{-9}, C_2 = 6.810 \times 10^{-10}$$