

1、伝達関数

「バイカッド回路について」の章で検討しましたが、バイカッド回路のブロック図は、図1の通りです。

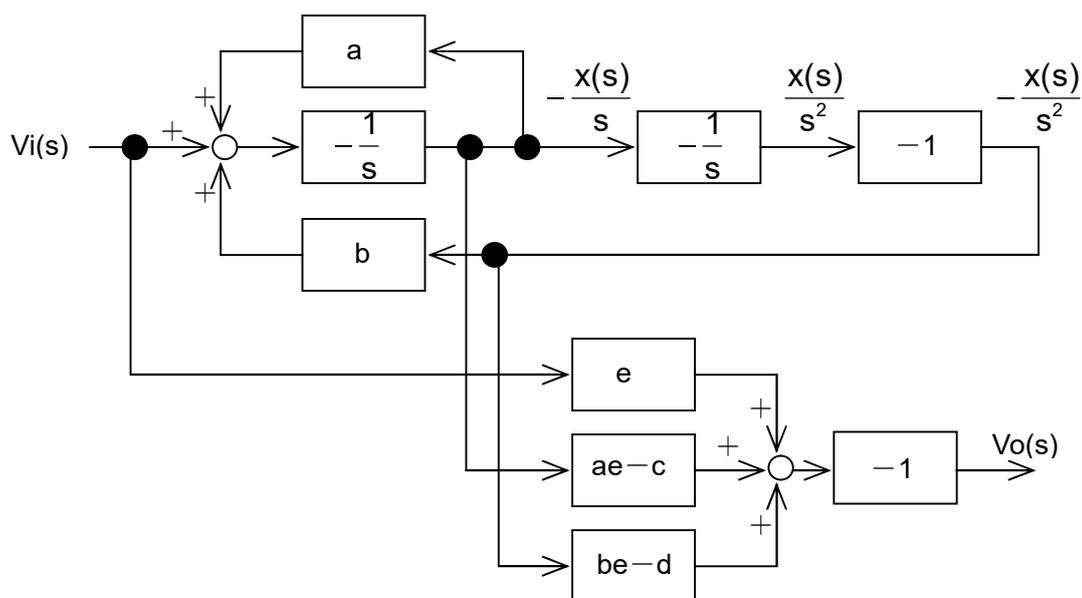


図 1

図 1 は $\frac{Vo(s)}{Vi(s)} = -\frac{es^2 + cs + d}{s^2 + as + b}$ という伝達関数を作る時に必要な回路です。帯域通過の

伝達関数は、 $e=0$ 、 $d=0$ ですから、「バイカッド回路について」の章、⑩式は、

$$\begin{aligned} Vo(s) &= -\left\{ eVi(s) - (ae - c)\frac{x(s)}{s} - (be - d)\frac{x(s)}{s^2} \right\} \\ &= -\{ -(-c) \} \frac{x(s)}{s} \\ &= -(c) \frac{x(s)}{s} \\ &= -c \frac{x(s)}{s} \end{aligned}$$

となります。図 1 の上段右から 3 番目の信号 $-\frac{x(s)}{s}$ に、係数 c がついていれば良いことが分ります。

2、実際の回路の伝達関数

ひとまず係数 c は置いておき、実際の回路で図 1 の上段右から 3 番目の信号までの伝達関数を調べます。図 2 の通りです。

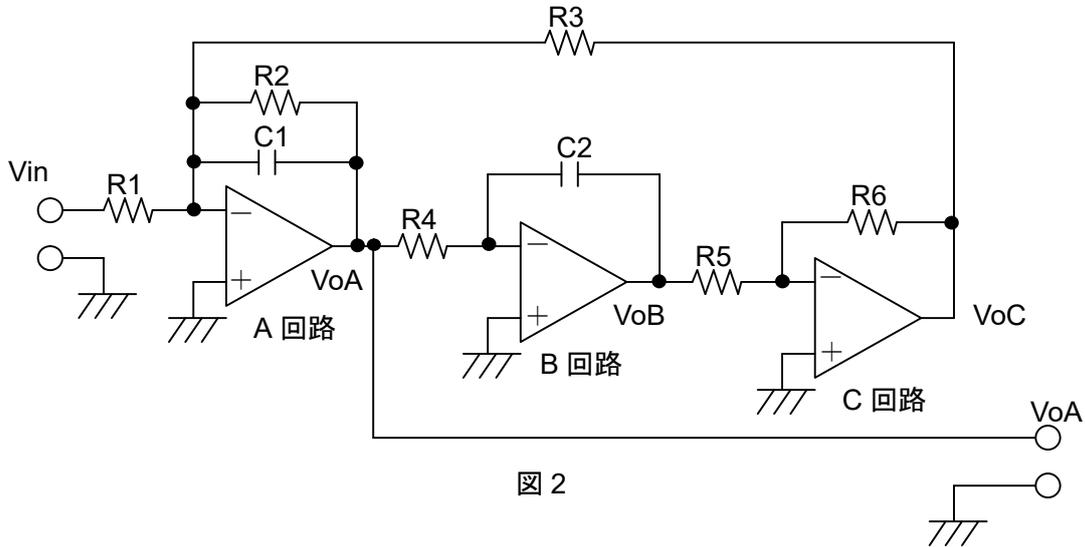
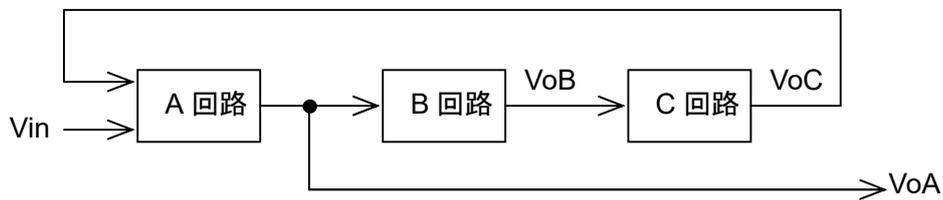


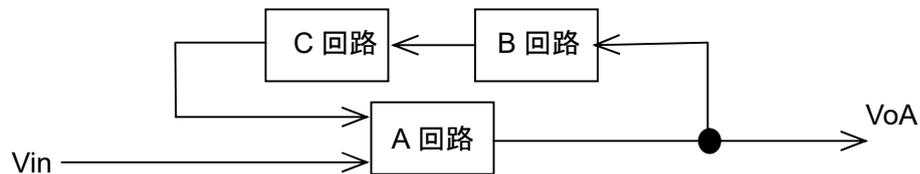
図 2

A 回路、B 回路、C 回路の動作については、「低域通過バイカッド回路」をご覧ください。

図 2 回路の伝達関数を求めます。下図が図 2 回路のブロック図です。



この様に変形しますと理解が容易です。



このブロック図の通りに計算します。

$$VoA(s) = - \left[\frac{R2}{R1} \cdot \frac{1}{1 + sC1R2} \cdot Vin(s) + \frac{R2}{R3} \cdot \frac{1}{1 + sC1R2} \cdot \left\{ VoA(s) \cdot \frac{-1}{sC2R4} \cdot \frac{-R6}{R5} \right\} \right]$$

VoA に B 回路 C 回路の伝達関数をかけたものが、A 回路の Vin と一緒になって出力され

ます。

$$V_{oA}(s) = -V_{in}(s) \cdot \frac{R_2}{R_1(1+sC_1R_2)} - V_{oA}(s) \cdot \frac{R_2R_6}{sC_2R_3R_4R_5(1+sC_1R_2)}$$

$$V_{oA}(s) + V_{oA}(s) \cdot \frac{R_2R_6}{sC_2R_3R_4R_5(1+sC_1R_2)} = -V_{in}(s) \cdot \frac{R_2}{R_1(1+sC_1R_2)}$$

$$V_{oA}(s) \left\{ 1 + \frac{R_2R_6}{sC_2R_3R_4R_5(1+sC_1R_2)} \right\} = -V_{in}(s) \cdot \frac{R_2}{R_1(1+sC_1R_2)}$$

$$V_{oA}(s) = \frac{-V_{in}(s) \cdot \frac{R_2}{R_1(1+sC_1R_2)}}{1 + \frac{R_2R_6}{sC_2R_3R_4R_5(1+sC_1R_2)}}$$

となります。分母の計算をしますと、

$$1 + \frac{R_2R_6}{sC_2R_3R_4R_5(1+sC_1R_2)} = \frac{sC_2R_3R_4R_5(1+sC_1R_2) + R_2R_6}{sC_2R_3R_4R_5(1+sC_1R_2)}$$

となります。したがって、

$$\begin{aligned} V_{oA}(s) &= \frac{-V_{in}(s)R_2}{R_1(1+sC_1R_2)} \cdot \frac{sC_2R_3R_4R_5(1+sC_1R_2)}{sC_2R_3R_4R_5(1+sC_1R_2) + R_2R_6} \\ &= \frac{-V_{in}(s)R_2}{R_1} \cdot \frac{sC_2R_3R_4R_5}{sC_2R_3R_4R_5(1+sC_1R_2) + R_2R_6} \\ &= \frac{-V_{in}(s)sC_2R_2R_3R_4R_5}{sC_2R_1R_3R_4R_5(1+sC_1R_2) + R_1R_2R_6} \\ &= \frac{-V_{in}(s)sC_2R_2R_3R_4R_5}{s^2C_1C_2R_1R_2R_3R_4R_5 + sC_2R_1R_3R_4R_5 + R_1R_2R_6} \end{aligned}$$

となります。分子分母に $\frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2 R_3 R_4 R_5}$ をかけますと、

$$= \frac{-\frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2 R_3 R_4 R_5} \cdot \text{Vin}(s) s C_2 R_2 R_3 R_4 R_5}{\frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2 R_3 R_4 R_5} (s^2 C_1 C_2 R_1 R_2 R_3 R_4 R_5 + s C_2 R_1 R_3 R_4 R_5 + R_1 R_2 R_6)}$$

$$= \frac{-\frac{\text{Vin}(s) s C_2 R_2 R_3 R_4 R_5}{C_1 C_2 R_1 R_2 R_3 R_4 R_5}}{\frac{s^2 C_1 C_2 R_1 R_2 R_3 R_4 R_5}{C_1 C_2 R_1 R_2 R_3 R_4 R_5} + \frac{s C_2 R_1 R_3 R_4 R_5}{C_1 C_2 R_1 R_2 R_3 R_4 R_5} + \frac{R_1 R_2 R_6}{C_1 C_2 R_1 R_2 R_3 R_4 R_5}}$$

$$= \frac{-\frac{\text{Vin}(s) s}{C_1 R_1}}{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s + \frac{R_6}{C_1 C_2 R_3 R_4 R_5}}$$

$$= -\text{Vin}(s) \cdot \frac{\frac{1}{C_1 R_1} s}{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s + \frac{1}{C_1 C_2 R_3 R_4} \cdot \frac{R_6}{R_5}}$$

となります。両辺に $\frac{1}{\text{Vin}(s)}$ をかけ、 $\frac{\text{VoA}(s)}{\text{Vin}(s)}$ を求めますと、

$$\frac{\text{VoA}(s)}{\text{Vin}(s)} = -\frac{\frac{1}{C_1 R_1} s}{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s + \frac{1}{C_1 C_2 R_3 R_4} \cdot \frac{R_6}{R_5}} \dots \textcircled{1}$$

となります。これが図 2 回路の伝達関数です。伝達関数の式にこれだけのパラメーターがあるので、係数 c を気にせず、現実の伝達関数に十分対応できることを、具体的な素子値決定方法として次に示します。

3、素子値の決定

図 2 回路の各素子値決定方法について検討します。

2 次の帯域通過伝達関数は、

$$\frac{H \frac{\omega_0}{Q} s}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q} s + \omega_0^2} \dots \dots \textcircled{2}$$

でした。分子の $\frac{\omega_0}{Q}$ は、角周波数 ω_0 での利得を $H=1$ の時に 1 にする為に必要です。 $H=1$ の時に $s=j\omega_0$ を代入しますと、

$$\left[\frac{\frac{\omega_0}{Q} s}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q} s + \omega_0^2} \right]_{s=j\omega_0} = \frac{\frac{\omega_0}{Q} (j\omega_0)}{(j\omega_0)^2 + \frac{\omega_0}{Q} (j\omega_0) + \omega_0^2}$$

$$= \frac{j \frac{\omega_0^2}{Q}}{-\omega_0^2 + j \frac{\omega_0^2}{Q} + \omega_0^2} = 1$$

になります。共役 $s=-j\omega_0$ を代入した時も同じく 1 です。出力は両者の積の平方根、 $\sqrt{1 \times 1} = 1$ になります。

①式の $R3=R4=R$ 、 $C1=C2=C$ 、 $R5=R6$ とします。すると②式の ω_0^2 は、

$$\omega_0^2 = \frac{1}{C^2 R^2}$$

となります。したがって、

$$\omega_0 = \frac{1}{CR}$$

です。 $C1=C2=C$ を先に決めた場合、 $R3=R4=R$ は、

$$R = \frac{1}{\omega_0 C}$$

となります。

②式の $\frac{\omega_0}{Q}$ は、①式の $\frac{1}{C1R2}$ です。したがって、

$$\frac{\omega_0}{Q} = \frac{1}{C1R2}$$

$$Q = \omega_0 C1R2$$

$$R2 = \frac{Q}{\omega_0 C1} = QR$$

となります。

②式の $\frac{\omega_0}{Q}H$ は、①式の $\frac{1}{C1R1}$ です。H は全体の利得を決定します。 $\frac{\omega_0}{Q} = \frac{1}{C1R2}$ ですので、

$$\frac{H}{C1R2} = \frac{1}{C1R1}$$

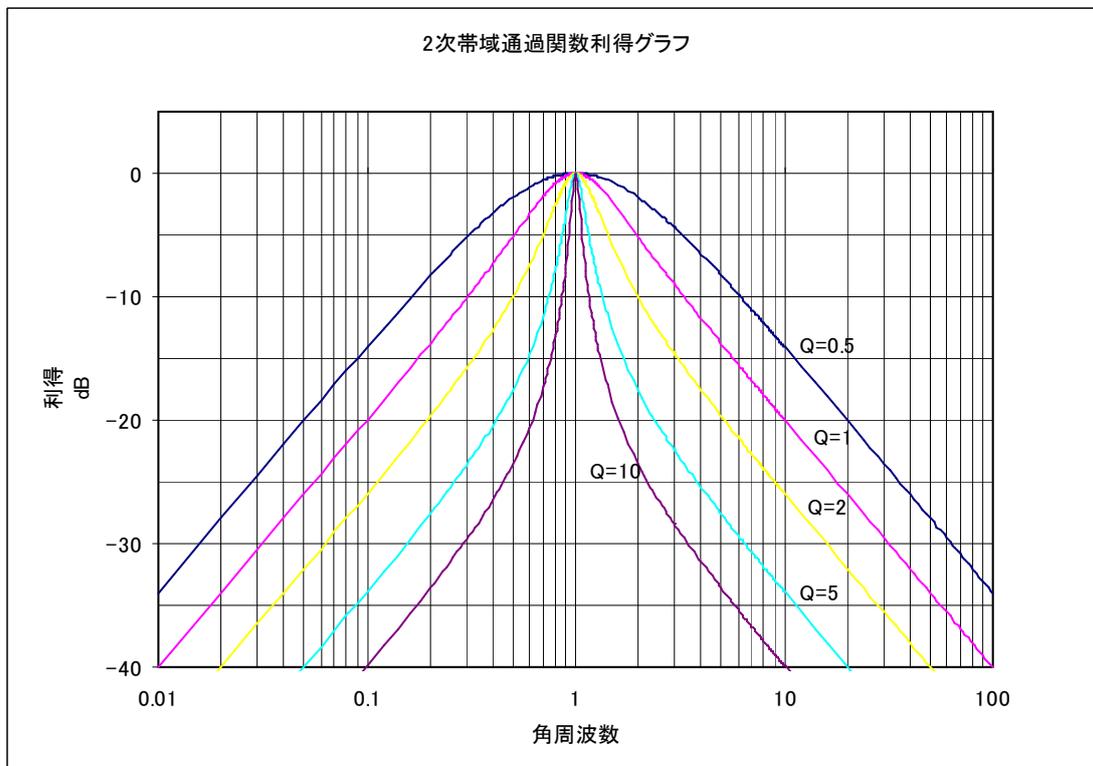
$$HC1R1 = C1R2$$

$$R1 = \frac{R2}{H}$$

となります。

4、利得グラフ

②式の ω_0 と H が、共に 1 の場合の利得グラフを下に示します。s=j ω と置き、各 ω での絶対値を求め、利得をデシベル計算したものです



伝達関数は正規化角周波数で設計するのです。その伝達関数を使い、回路の各素子値を設計します。その後、周波数スケールリングで実周波数に持って来ます。最後に素子値スケールリングを行い、素子値を実用的な範囲にまとめます。

「スケールリング」の章、「周波数変換」の章もご覧下さい。

[目次へ戻る](#)