

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。

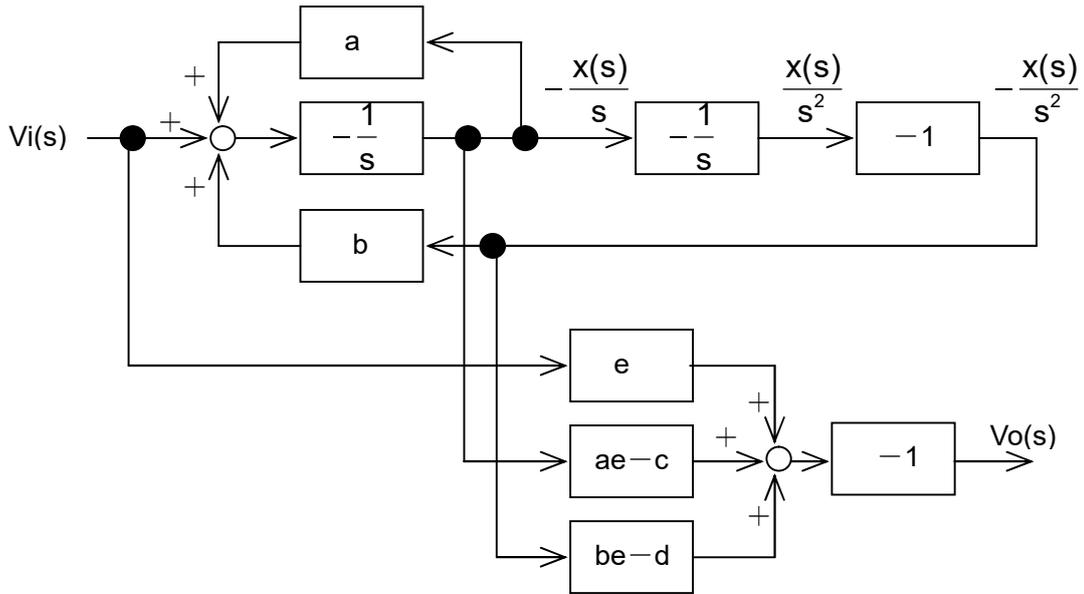


図 1

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。帯域阻止の

伝達関数は、 $e=1$ 、 $c=0$ 、 $d=b$ ですから、「バイカッド回路について」の章、⑩式は、

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

となります。図 1 左端の $Vi(s)$ と、上段中ほどの $-\frac{x(s)}{s}$ に係数 a がついたものを、最後の加算器へ入力す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 a は置いておき、実際の回路での伝達関数を調べます。図 2 の通りです。

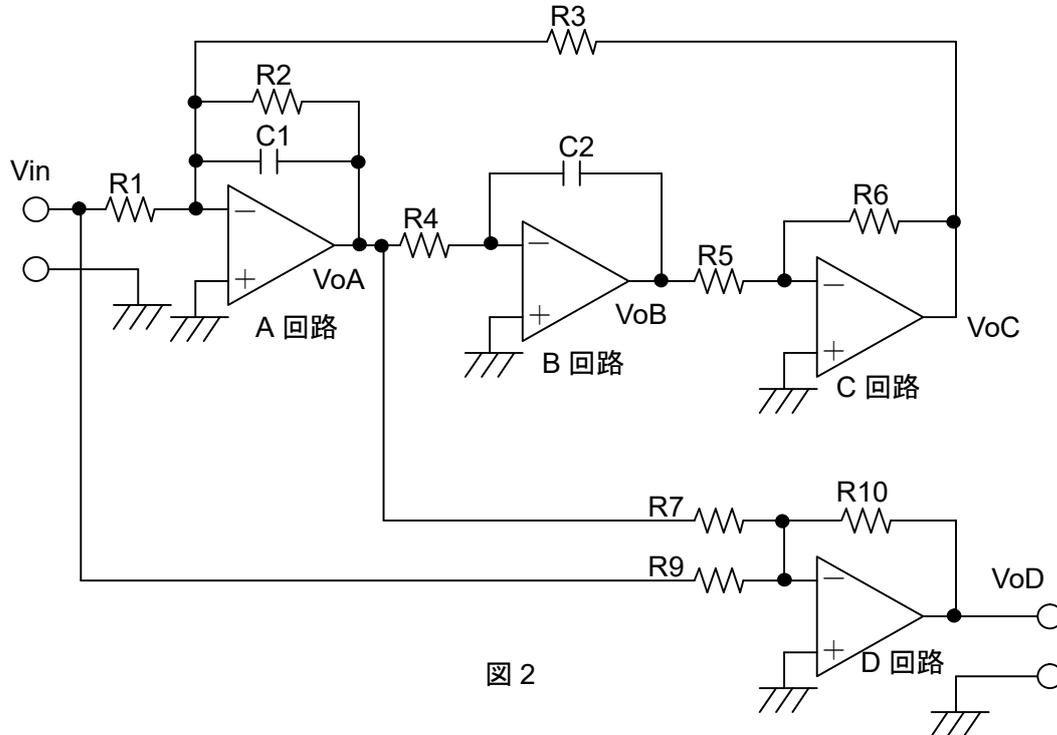


図 2

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。
D 回路の動作については、高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。Vin 入力から VoD 出力までの伝達関数を求めるのですが、VoD 出力は Vin と VoA の反転加算です。すでに VoA までの伝達関数は、帯域通過バイカッド回路の項で求めております。

A 回路の出力 VoA(s)は、

$$VoA(s) = -Vin(s) \cdot \frac{\frac{1}{C1R1}s}{s^2 + \frac{1}{C1R2}s + \frac{R6}{C1C2R3R4R5}}$$

でした。VoD(s)は、Vin と VoA(s)の反転加算ですから、

$$VoD(s) = -\left\{ \frac{R10}{R9} Vin(s) + \frac{R10}{R7} VoA(s) \right\}$$

$$= -\frac{R_{10}}{R_9} V_{in}(s) - \frac{R_{10}}{R_7} \cdot \left\{ -V_{in}(s) \cdot \frac{\frac{1}{C_1 R_1} s}{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s + \frac{R_6}{C_1 C_2 R_3 R_4 R_5}} \right\}$$

$$= -\frac{R_{10}}{R_9} V_{in}(s) + V_{in}(s) \cdot \frac{\frac{R_{10}}{C_1 R_1 R_7} s}{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s + \frac{R_6}{C_1 C_2 R_3 R_4 R_5}}$$

$$= -V_{in}(s) \cdot \left(\frac{R_{10}}{R_9} - \frac{\frac{R_9 R_{10}}{C_1 R_1 R_7 R_9} s}{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s + \frac{R_6}{C_1 C_2 R_3 R_4 R_5}} \right)$$

$$= -V_{in}(s) \frac{R_{10}}{R_9} \cdot \left(1 - \frac{\frac{R_9}{C_1 R_1 R_7}}{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s + \frac{R_6}{C_1 C_2 R_3 R_4 R_5}} \right)$$

$$= -V_{in}(s) \frac{R_{10}}{R_9} \cdot \left(\frac{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s + \frac{R_6}{C_1 C_2 R_3 R_4 R_5}}{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s + \frac{R_6}{C_1 C_2 R_3 R_4 R_5}} - \frac{\frac{R_9}{C_1 R_1 R_7} s}{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s + \frac{R_6}{C_1 C_2 R_3 R_4 R_5}} \right)$$

$$= -V_{in}(s) \frac{R_{10}}{R_9} \cdot \frac{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s - \frac{R_9}{C_1 R_1 R_7} s + \frac{R_6}{C_1 C_2 R_3 R_4 R_5}}{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s + \frac{R_6}{C_1 C_2 R_3 R_4 R_5}}$$

$$= -V_{in}(s) \frac{R_{10}}{R_9} \cdot \frac{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s - \frac{R_2 R_9}{C_1 R_1 R_2 R_7} s + \frac{R_6}{C_1 C_2 R_3 R_4 R_5}}{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s + \frac{R_6}{C_1 C_2 R_3 R_4 R_5}}$$

$$= -V_{in}(s) \frac{R_{10}}{R_9} \cdot \frac{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} \left(1 - \frac{R_2 R_9}{R_1 R_7}\right) s + \frac{1}{C_1 C_2 R_3 R_4} \cdot \frac{R_6}{R_5}}{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s + \frac{1}{C_1 C_2 R_3 R_4} \cdot \frac{R_6}{R_5}}$$

となります。両辺に $\frac{1}{V_{in}(s)}$ をかけ、 $\frac{V_{oD}(s)}{V_{in}(s)}$ を求めますと、

$$\frac{V_{oD}(s)}{V_{in}(s)} = -\frac{R_{10}}{R_9} \cdot \frac{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} \left(1 - \frac{R_2 R_9}{R_1 R_7}\right) s + \frac{1}{C_1 C_2 R_3 R_4} \cdot \frac{R_6}{R_5}}{s^2 + \frac{1}{C_1 R_2} s + \frac{1}{C_1 C_2 R_3 R_4} \cdot \frac{R_6}{R_5}} \dots \textcircled{1}$$

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 a 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、回路の素子値

図 2 回路の各素子値決定方法について検討します。

2 次の帯域阻止伝達関数は、

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

です。②式に $s=j\omega=0$ を代入し、角周波数 0 での利得を求めますと、

$$\left[\frac{H(s^2 + \omega_0^2)}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q} s + \omega_0^2} \right]_{s=0} = \frac{H\omega_0^2}{\omega_0^2} = H$$

となります。実数の H ですから、共役も H です。絶対値も H です。角周波数 0 での利得は H になります。

次に、②式で角周波数が極めて大きな領域での利得を考えます。分子分母を s^2 で割り、極限での利得を考えますと、

$$\lim_{s \rightarrow j\infty} \frac{H(s^2 + \omega_0^2)}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q}s + \omega_0^2} = \lim_{s \rightarrow j\infty} \frac{H(1 + \frac{\omega_0^2}{s^2})}{1 + \frac{\omega_0}{s} + \frac{1}{s^2}} = H$$

となり、Hであることが分ります。実数のHですから、共役もHです。絶対値もHです。共役を求める為 $s = -j\infty$ を代入するまでも無く、②式の ∞ [rad/sec] での利得はHです。

2次帯域阻止伝達関数はそのままの形で、角周波数が0の場合も ∞ の場合も、利得はHになります。

さて①式の $R_3 = R_4 = R$ 、 $C_1 = C_2 = C$ 、 $R_5 = R_6$ 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。 $C_1 = C_2 = C$ を先に決めた場合、 $R_3 = R_4 = R$ は、

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

となります。②式の $\frac{\omega_0}{Q}$ は、①式の $\frac{1}{C_1 R_2}$ です。 $C_1 = C_2 = C$ ですから、

$$\frac{\omega_0}{Q} = \frac{1}{CR_2}$$

$$Q = \omega_0 CR_2$$

$$R_2 = \frac{Q}{\omega_0 C} = QR$$

となります。

②式の分子は、 $H(s^2+\omega_0^2)$ です。したがって、①式の分子中 s の 1 次式の係数を 0 にしなくてはなりません。①式分子 $\left(1 - \frac{R_2 R_9}{R_1 R_7}\right)$ を 0 にします。カッコ内を 0 にする為には、すでに R_2 が決定しているので、 $R_7=R_9=R_1=R_2$ にします。

②式の H は、全体の利得を決定します。①式の $\frac{R_{10}}{R_9}$ で決めますが、 R_9 は既に決定しているため R_{10} で決めます。したがって、

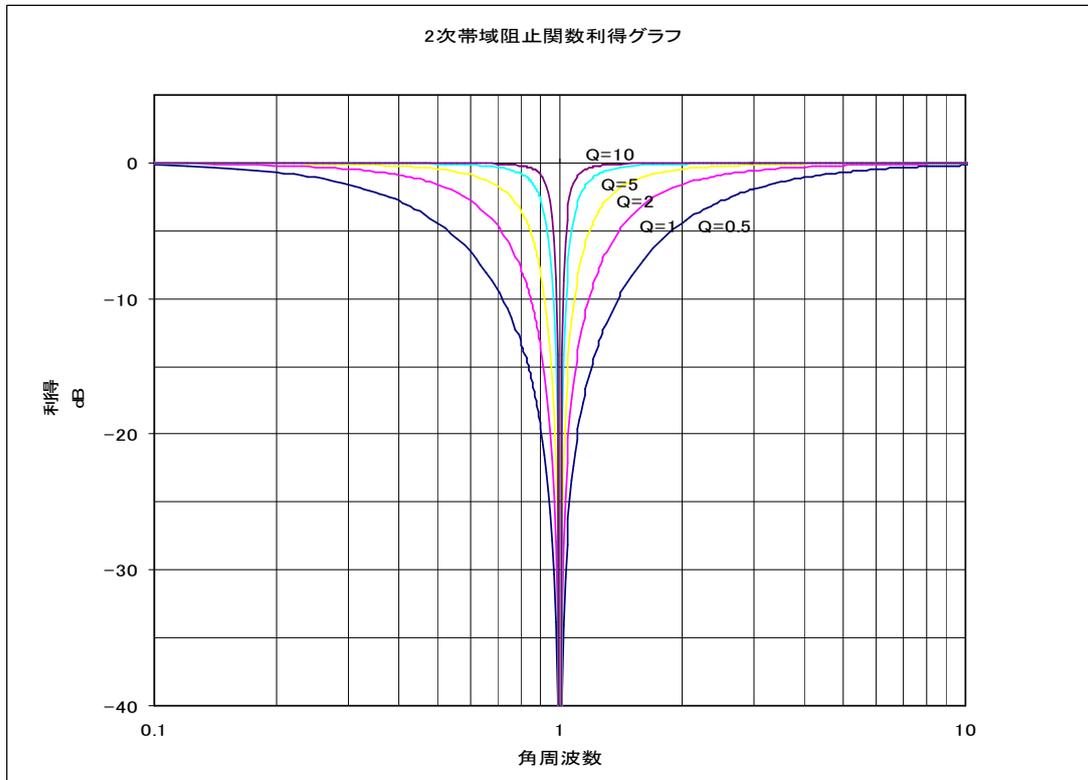
$$H = \frac{R_{10}}{R_9}$$

$$R_{10} = H \cdot R_9$$

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。 $s=j\omega$ 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](#)