帯域阻止バイカッド回路　　２０１２年８月１５日　　目次へ戻る

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。

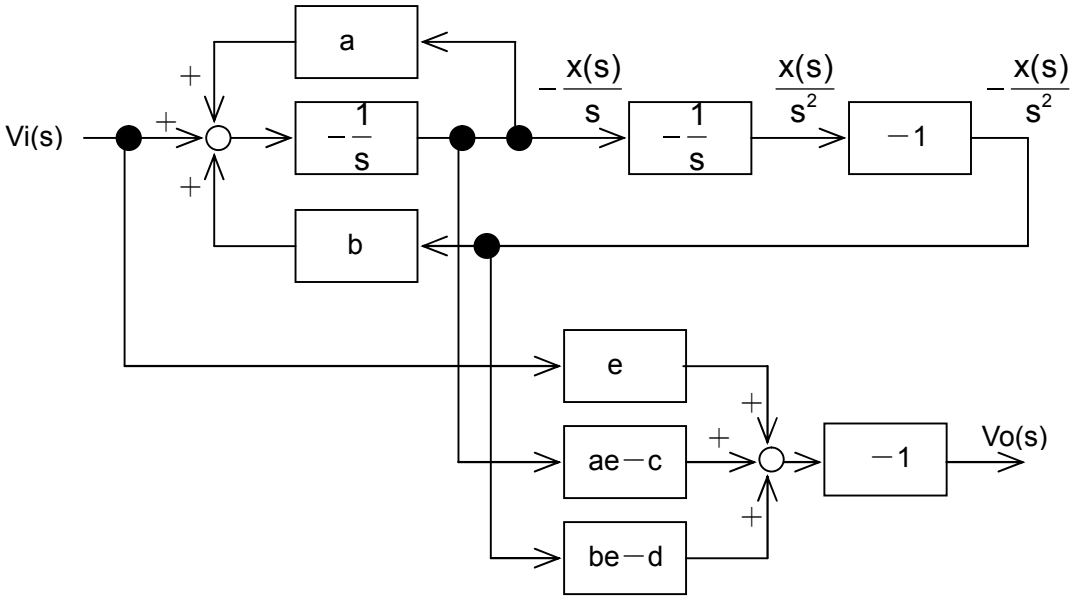


図１

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、

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

$$= -\left\{Vi(s) - (a-c)\frac{x(s)}{s} - (b-d)\frac{x(s)}{s^2}\right\}$$

$$= -\left\{Vi(s) - a\frac{x(s)}{s}\right\}$$

$$= -\left[Vi(s) + \left\{-a\frac{x(s)}{s}\right\}\right]$$

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。

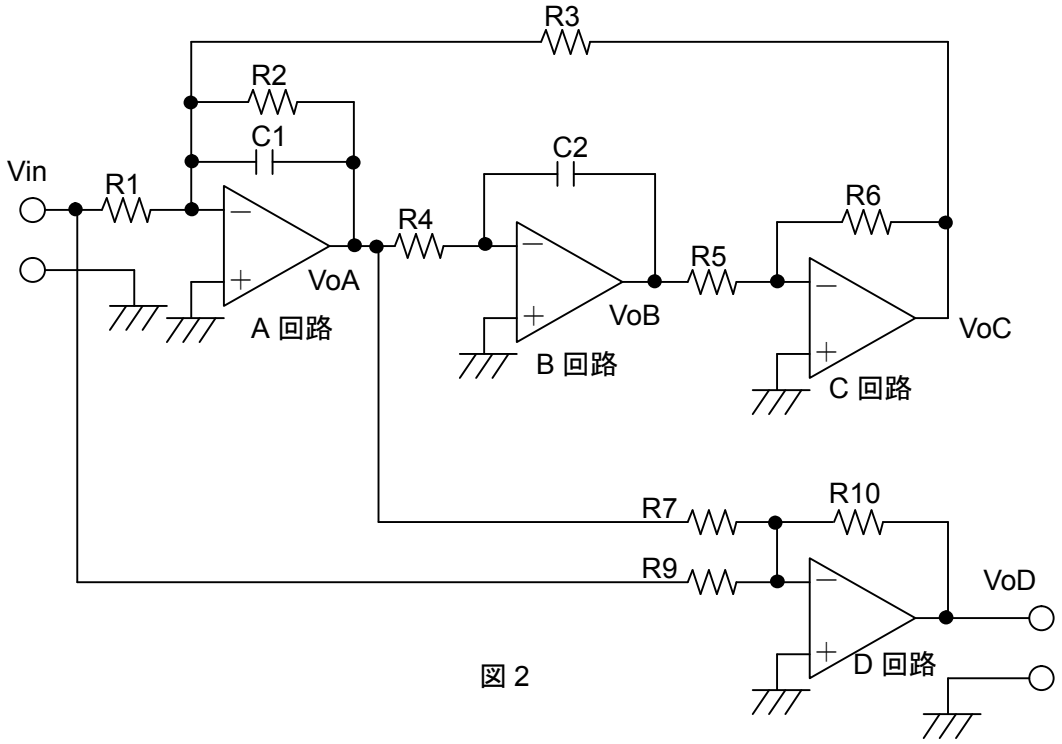


図 2

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下さい。

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下さい。

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、

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

でした。VoD(s)は、Vin と VoA(s)の反転加算ですから、

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

$$= -\frac{R10}{R9}\,Vin(s) - \frac{R10}{R7} \bullet \left\{ -Vin(s) \bullet \frac{\frac{1}{C1R1}s}{s^2 + \frac{1}{C1R2}s + \frac{R6}{C1C2R3R4R5}} \right\}$$

$$= -\frac{R10}{R9}\,Vin(s) + Vin(s) \bullet \frac{\frac{R10}{C1R1R7}s}{s^2 + \frac{1}{C1R2}s + \frac{R6}{C1C2R3R4R5}}$$

$$= -Vin(s) \bullet \left(\frac{R10}{R9} - \frac{\frac{R9R10}{C1R1R7R9}s}{s^2 + \frac{1}{C1R2}s + \frac{R6}{C1C2R3R4R5}} \right)$$

$$= -Vin(s)\frac{R10}{R9} \bullet \left(1 - \frac{\frac{R9}{C1R1R7}}{s^2 + \frac{1}{C1R2}s + \frac{R6}{C1C2R3R4R5}} \right)$$

$$= -Vin(s)\frac{R10}{R9} \bullet \left(\frac{s^2 + \frac{1}{C1R2}s + \frac{R6}{C1C2R3R4R5}}{s^2 + \frac{1}{C1R2}s + \frac{R6}{C1C2R3R4R5}} - \frac{\frac{R9}{C1R1R7}s}{s^2 + \frac{1}{C1R2}s + \frac{R6}{C1C2R3R4R5}} \right)$$

$$= -Vin(s)\frac{R10}{R9} \bullet \frac{s^2 + \frac{1}{C1R2}s - \frac{R9}{C1R1R7}s + \frac{R6}{C1C2R3R4R5}}{s^2 + \frac{1}{C1R2}s + \frac{R6}{C1C2R3R4R5}}$$

$$= -Vin(s)\frac{R10}{R9} \bullet \frac{s^2 + \frac{1}{C1R2}s - \frac{R2R9}{C1R1R2R7}s + \frac{R6}{C1C2R3R4R5}}{s^2 + \frac{1}{C1R2}s + \frac{R6}{C1C2R3R4R5}}$$

$$= -Vin(s)\frac{R10}{R9}\bullet\frac{s^2+\frac{1}{C1R2}\left(1-\frac{R2R9}{R1R7}\right)s+\frac{1}{C1C2R3R4}\bullet\frac{R6}{R5}}{s^2+\frac{1}{C1R2}s+\frac{1}{C1C2R3R4}\bullet\frac{R6}{R5}}$$

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

$$\frac{VoD\ (s)}{Vin\ (s)} = -\frac{R10}{R9}\bullet\frac{s^2+\frac{1}{C1R2}\left(1-\frac{R2R9}{R1R7}\right)s+\frac{1}{C1C2R3R4}\bullet\frac{R6}{R5}}{s^2+\frac{1}{C1R2}s+\frac{1}{C1C2R3R4}\bullet\frac{R6}{R5}} \quad \cdot\cdot\cdot ①$$

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、

$$\frac{H(s^2+\omega_0{}^2)}{s^2+\frac{\omega_0}{Q}s+\omega_0{}^2} \quad \cdot\cdot\cdot ②$$

です。②式に s＝j0＝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、

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

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∞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 R3＝R4＝R、C1＝C2＝C、R5＝R6 とします。すると②式の $\omega_0{}^2$ は、

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

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。C1＝C2＝C ですから、

$$\frac{\omega_0}{Q}=\frac{1}{CR2}$$
$$Q=\omega_0 CR2$$
$$R2=\frac{Q}{\omega_0 C}=QR$$

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$\left(1-\frac{R2R9}{R1R7}\right)$を 0 にします。カッコ内を 0 にする為には、すでに R2 が決定しているので、R7＝R9＝R1＝R2 にします。

②式の H は、全体の利得を決定します。①式の$\frac{R10}{R9}$で決めますが、R9 は既に決定しているため R10 で決めます。したがって、

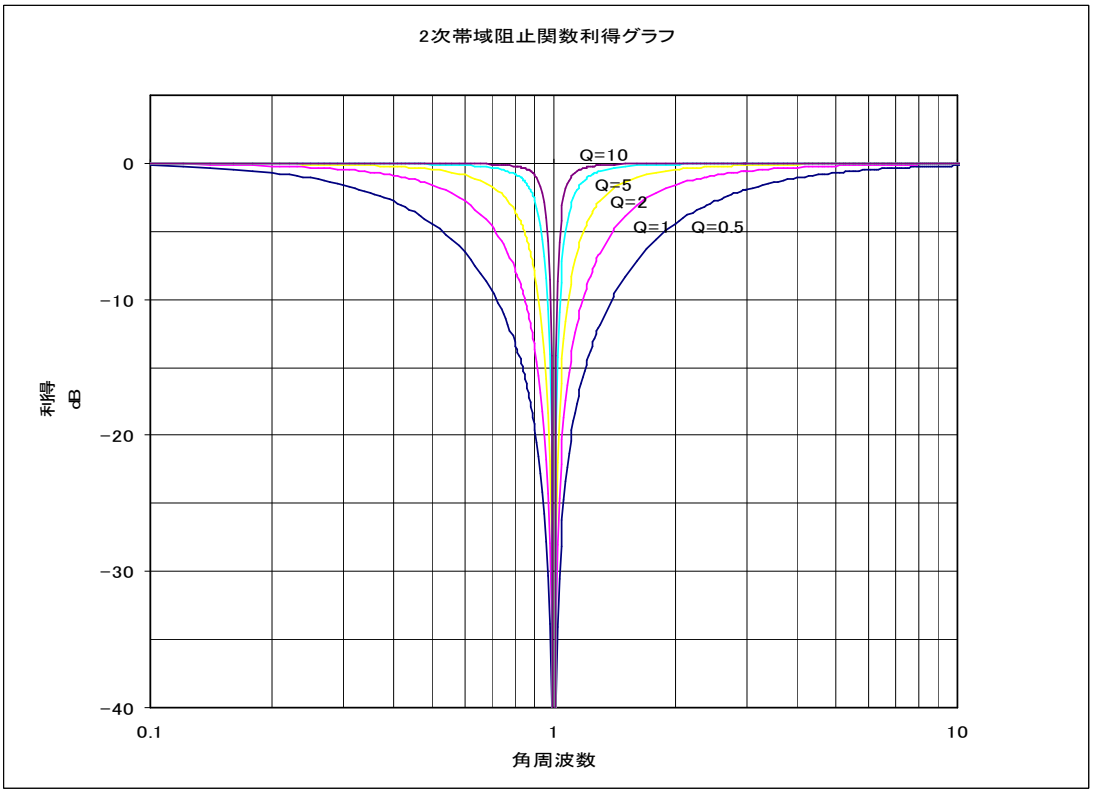
$$H=\frac{R10}{R9}$$

$$R10=H\bullet R9$$

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＝jω 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した。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、周波数スケーリングで実周波数に持って来ます。最後に素子値スケーリングを行い、素子値を実用的な範囲にまとめます。

「スケーリング」の章、「周波数変換」の章もご覧下さい。

目次へ戻る