帯域通過バイカッド回路　　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。

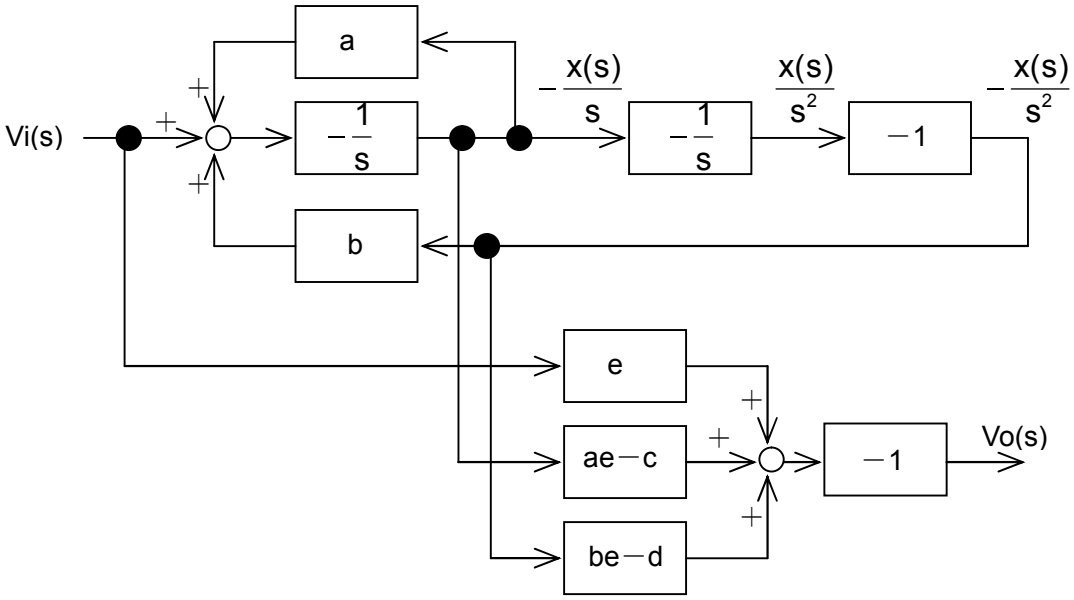


図１

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、

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

$$= -\{-(-c)\}\frac{x(s)}{s}$$

$$= -(c)\frac{x(s)}{s}$$

$$= -c\frac{x(s)}{s}$$

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。

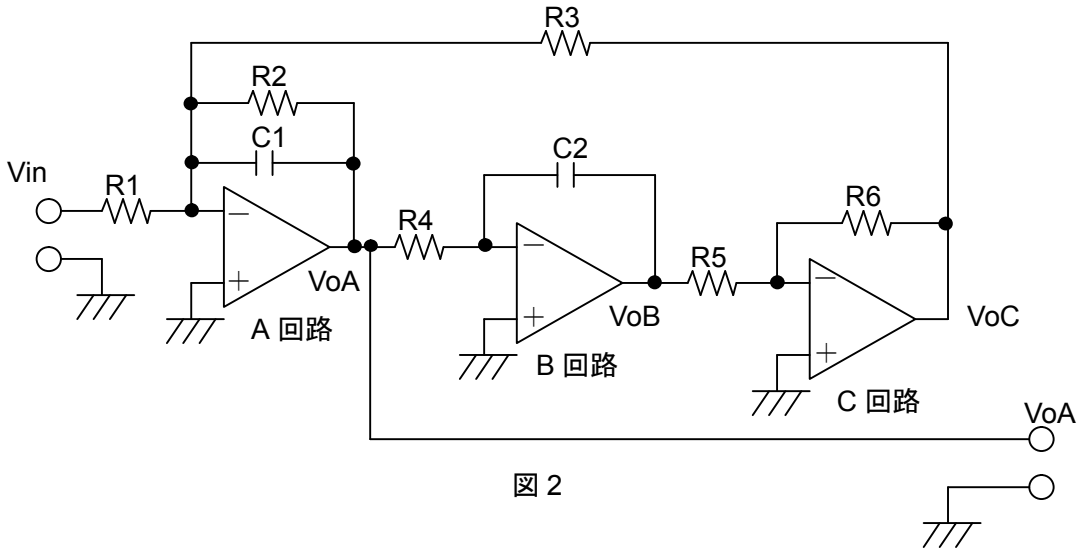
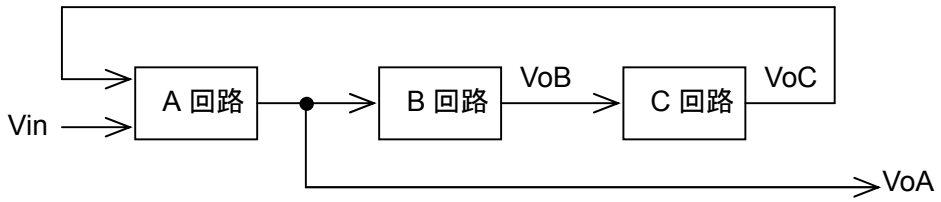


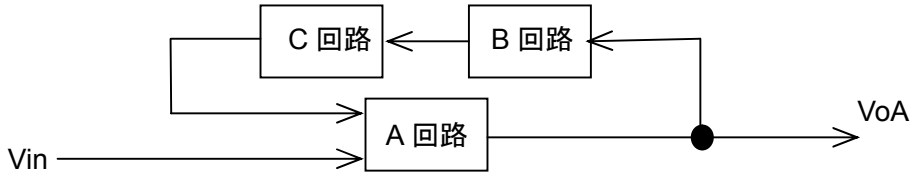
図 2

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」をご覧下さい。

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。

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

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。

$$VoA(s) = -Vin(s) \bullet \frac{R2}{R1(1+sC1R2)} - VoA(s) \bullet \frac{R2R6}{sC2R3R4R5(1+sC1R2)}$$

$$VoA(s) + VoA(s) \bullet \frac{R2R6}{sC2R3R4R5(1+sC1R2)} = -Vin(s) \bullet \frac{R2}{R1(1+sC1R2)}$$

$$VoA(s)\left\{1 + \frac{R2R6}{sC2R3R4R5(1+sC1R2)}\right\} = -Vin(s) \bullet \frac{R2}{R1(1+sC1R2)}$$

$$VoA(s) = \frac{-Vin(s) \bullet \dfrac{R2}{R1(1+sC1R2)}}{1 + \dfrac{R2R6}{sC2R3R4R5(1+sC1R2)}}$$

となります。分母の計算をしますと、

$$1 + \frac{R2R6}{sC2R3R4R5(1+sC1R2)} = \frac{sC2R3R4R5(1+sC1R2) + R2R6}{sC2R3R4R5(1+sC1R2)}$$

となります。したがって、

$$VoA(s) = \frac{-Vin(s)R2}{R1(1+sC1R2)} \bullet \frac{sC2R3R4R5(1+sC1R2)}{sC2R3R4R5(1+sC1R2) + R2R6}$$

$$= \frac{-Vin(s)R2}{R1} \bullet \frac{sC2R3R4R5}{sC2R3R4R5(1+sC1R2) + R2R6}$$

$$= \frac{-Vin(s)sC2R2R3R4R5}{sC2R1R3R4R5(1+sC1R2) + R1R2R6}$$

$$= \frac{-Vin(s)sC2R2R3R4R5}{s^2C1C2R1R2R3R4R5 + sC2R1R3R4R5 + R1R2R6}$$

となります。分子分母に $\dfrac{1}{C1C2R1R2R3R4R5}$ をかけますと、

$$= \frac{-\dfrac{1}{C1C2R1R2R3R4R5} \bullet Vin(s)sC2R2R3R4R5}{\dfrac{1}{C1C2R1R2R3R4R5}(s^2C1C2R1R2R3R4R5 + sC2R1R3R4R5 + R1R2R6)}$$

$$= \frac{-\dfrac{Vin(s)sC2R2R3R4R5}{C1C2R1R2R3R4R5}}{\dfrac{s^2C1C2R1R2R3R4R5}{C1C2R1R2R3R4R5} + \dfrac{sC2R1R3R4R5}{C1C2R1R2R3R4R5} + \dfrac{R1R2R6}{C1C2R1R2R3R4R5}}$$

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

$$= -Vin(s) \bullet \frac{\dfrac{1}{C1R1}s}{s^2 + \dfrac{1}{C1R2}s + \dfrac{1}{C1C2R3R4} \bullet \dfrac{R6}{R5}}$$

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

$$\frac{VoA(s)}{Vin(s)} = -\frac{\dfrac{1}{C1R1}s}{s^2 + \dfrac{1}{C1R2}s + \dfrac{1}{C1C2R3R4} \bullet \dfrac{R6}{R5}} \quad \cdot\cdot\cdot ①$$

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 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、

$$\frac{H\frac{\omega_0}{Q}s}{s^2+\frac{\omega_0}{Q}s+\omega_0{}^2} \quad \cdots ②$$

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＝jω_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＝－jω_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 $\omega_0{}^2$ 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。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、

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

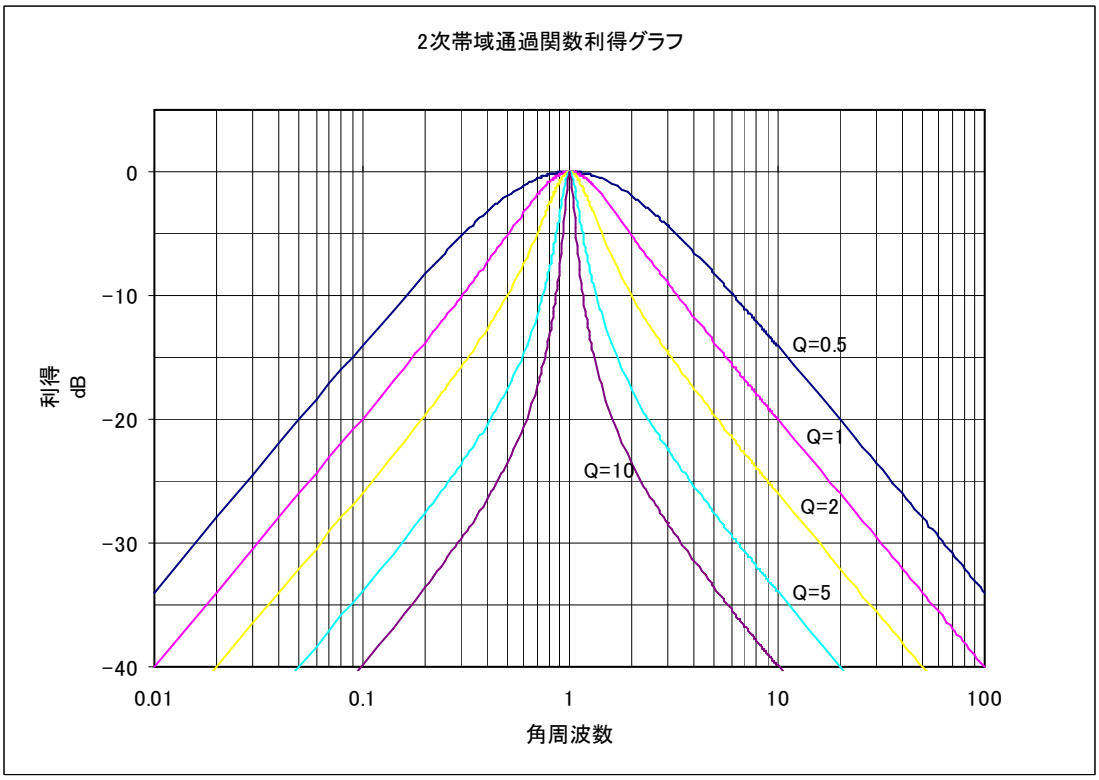
$$HC1R1 = C1R2$$

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

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=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