非反転低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。

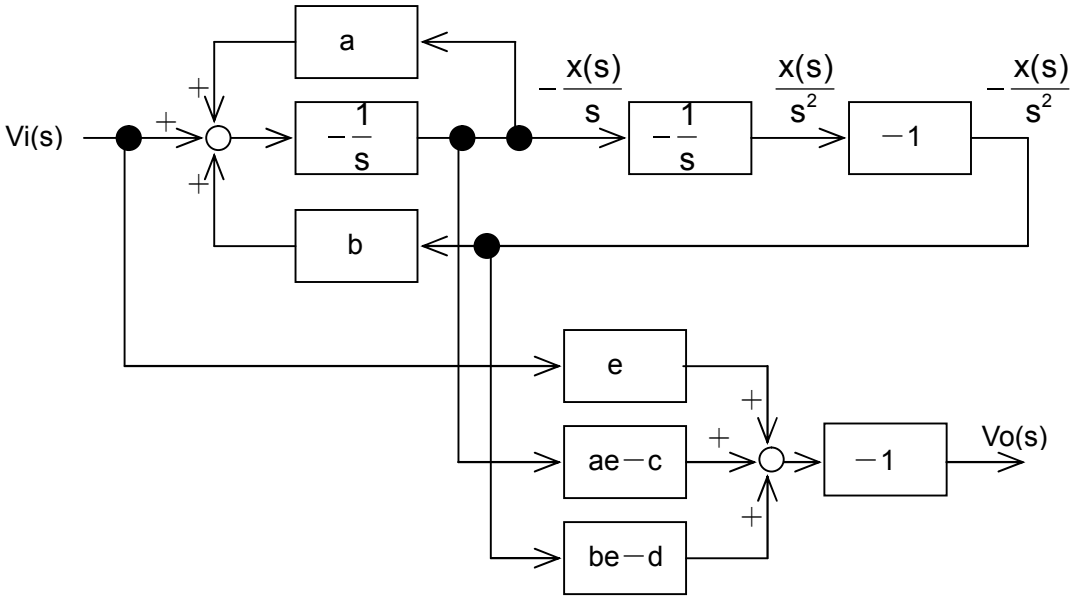


図１

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。非反転低域通過の伝達関数は、e＝0、c＝0、d＝－d となります。したがって「バイカッド回路について」の章⑨式は、

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

$$= -\left\{-(-\bullet-d)\frac{x(s)}{s^2}\right\}$$

$$= d\frac{x(s)}{s^2}$$

となります。図１の上段右から２番目の信号 $\frac{x(s)}{s^2}$ に、係数 d 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 d は置いておき、実際の回路で図 1 の上段右から 2 番目の信号までの、伝達関数を調べます。 図 2 の通りです。

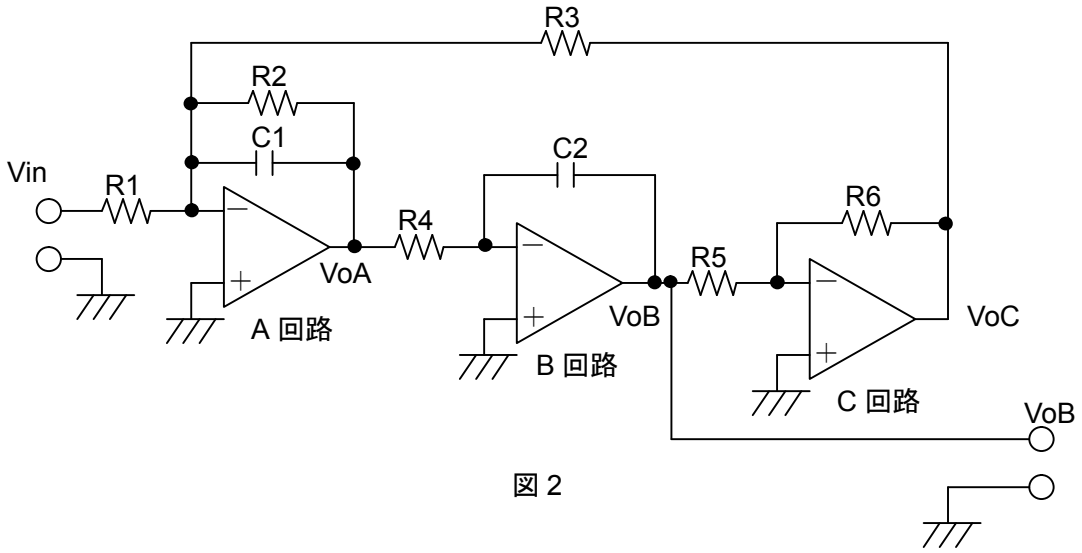
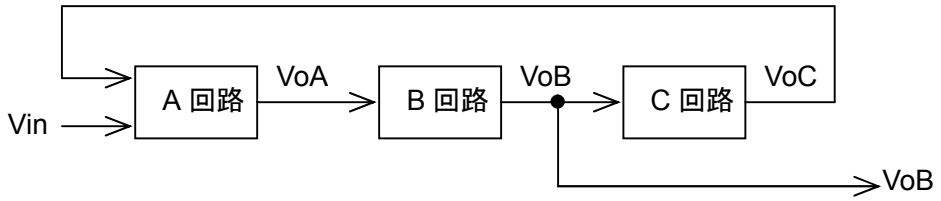


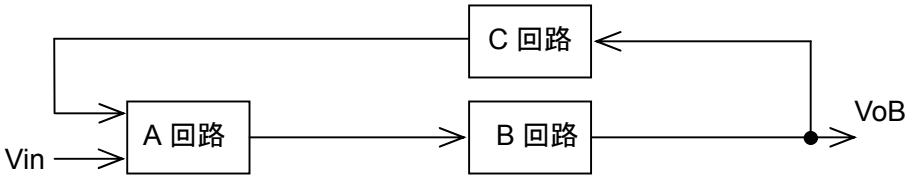
図 2

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。

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

$$\mathrm{VoB}(s) = \frac{R2}{R1} \bullet \frac{1}{sC2R4} \bullet \frac{1}{1+sC1R2}\mathrm{Vin}(s)$$

$$- \frac{R2}{R3} \bullet \frac{1}{sC2R4} \bullet \frac{R6}{R5} \bullet \frac{1}{1+sC1R2}\mathrm{VoB}(s)$$

$$\mathrm{VoB}(s) + \frac{R2}{R3} \bullet \frac{1}{sC2R4} \bullet \frac{R6}{R5} \bullet \frac{1}{1+sC1R2}\mathrm{VoB}(s)$$

$$= \frac{R2}{R1} \bullet \frac{1}{sC2R4} \bullet \frac{1}{1+sC1R2}\mathrm{Vin}(s)$$

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

$$\mathrm{VoB}(s) = \frac{\frac{R2}{R1} \bullet \frac{1}{sC2R4} \bullet \frac{1}{1+sC1R2}\mathrm{Vin}(s)}{1 + \frac{R2}{R3} \bullet \frac{1}{sC2R4} \bullet \frac{R6}{R5} \bullet \frac{1}{1+sC1R2}}$$

となります。分母の計算をしますと、

$$1 + \frac{R2}{R3} \bullet \frac{1}{sC2R4} \bullet \frac{R6}{R5} \bullet \frac{1}{1+sC1R2} = 1 + \frac{R2R6}{sC2R3R4R5(1+sC1R2)}$$

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

になります。分子の計算をしますと、

$$\frac{R2}{R1} \bullet \frac{1}{sC2R4} \bullet \frac{1}{1+sC1R2}\mathrm{Vin}(s) = \frac{\mathrm{Vin}(s)R2}{sC2R1R4(1+sC1R2)}$$

になります。したがって、

$$\mathrm{VoB}(s) = \frac{\mathrm{Vin}(s)R2}{sC2R1R4(1+sC1R2)} \div \frac{sC2R3R4R5(1+sC1R2) + R2R6}{sC2R3R4R5(1+sC1R2)}$$

$$= \frac{\mathrm{Vin}(s)R2}{sC2R1R4(1+sC1R2)} \bullet \frac{sC2R3R4R5(1+sC1R2)}{sC2R3R4R5(1+sC1R2) + R2R6}$$

$$= \frac{Vin(s)R2}{R1} \bullet \frac{R3R5}{sC2R3R4R5(1+sC1R2)+R2R6}$$

$$= \frac{Vin(s)R2R3R5}{sC2R1R3R4R5(1+sC1R2)+R1R2R6}$$

$$= \frac{Vin(s)R2R3R5}{s^2C1C2R1R2R3R4R5+sC2R1R3R4R5+R1R2R6}$$

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

$$= \frac{\frac{1}{C1C2R1R2R3R4R5} \bullet Vin(s)R2R3R5}{\frac{1}{C1C2R1R2R3R4R5}(s^2C1C2R1R2R3R4R5+sC2R1R3R4R5+R1R2R6)}$$

$$= \frac{\frac{Vin(s)R2R3R5}{C1C2R1R2R3R4R5}}{\frac{s^2C1C2R1R2R3R4R5}{C1C2R1R2R3R4R5}+\frac{sC2R1R3R4R5}{C1C2R1R2R3R4R5}+\frac{R1R2R6}{C1C2R1R2R3R4R5}}$$

$$= \frac{\frac{Vin(s)}{C1C2R1R4}}{s^2+\frac{1}{C1R2}s+\frac{R6}{C1C2R3R4R5}}$$

$$= Vin(s) \bullet \frac{\frac{1}{C1C2R1R4}}{s^2+\frac{1}{C1R2}s+\frac{1}{C1C2R3R4} \bullet \frac{R6}{R5}}$$

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

$$\frac{VoB(s)}{Vin(s)} = \frac{\frac{1}{C1C2R1R4}}{s^2+\frac{1}{C1R2}s+\frac{1}{C1C2R3R4} \bullet \frac{R6}{R5}} \quad \cdot\cdot\cdot ①$$

になります。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 d 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

回路の各素子値決定方法について検討します。

2 次の低域通過伝達関数は、

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

でした。分子の $\omega_0{}^2$ は、角周波数 0 での利得を H＝1 の時に 1 にする為に必要です。①式の R3＝R4＝R、C1＝C2＝C、R5＝R6 とします。すると②式分母側の $\omega_0{}^2$ 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 H は、全体の利得を決定します。①式の分子 $\frac{1}{C1C2R1R4}$ のうち C1、C2、R4 は

既に決定されています。未定なのは R1 だけです。①式の分子 $\frac{1}{C1C2R1R4}$ を次の様に変形してみます。

$$\frac{1}{C1C2R1R4} = \frac{R3}{R1} \bullet \frac{1}{C1C2R3R4} = H\omega_0{}^2$$

すると、

$$H = \frac{R3}{R1}$$

$$HR1 = R3$$

$$R1 = \frac{R3}{H}$$

となります。

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