

第5章

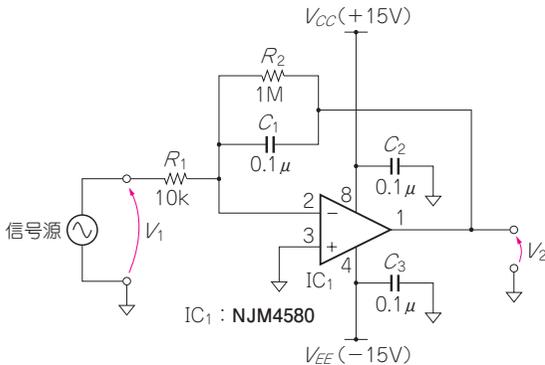
プロの技! アクティブ・フィルタ回路

ほしい信号とほしくない信号をより分ける

OP
アンプで
高性能を
GET!

技31

直流オフセットを抑えるDCサーボなどに! アクティブ積分回路



$$\text{ゲイン } G = \frac{V_2}{V_1} = - \frac{R_2}{j\omega C_1 R_1 R_2 + R_1} \quad \dots(1)$$

$R_2 \gg R_1$ とすると,

$$G \approx - \frac{1}{j\omega C_1 R_1} \quad \dots(2)$$

$$= - \frac{1}{j2\pi \times 100 \times 0.1\mu\text{F} \times 10\text{k}\Omega}$$

$$\approx j1.59 (f=100\text{Hzのとき})$$

図1 実験! 入出力波形とゲインの周波数特性を測る
実験では抵抗 R_2 により直流ゲインを抑えて飽和を防ぐ

● 要点

図1の積分回路はアクティブ・フィルタそのものではありませんが、バイカッド型と状態変数型フィルタの構成要素です。一般的にはPID制御のI要素で使用されることが多いです。積分回路は、負帰還制御で誤差を積分する目的で必ず使用されています。誤差に対して、その都度応答すると、出力は応答しきれず、変動が大きくなります。誤差を積分して直流誤差がゼロになるように応答すると、安定な制御出力が得られます。しかし、急激な変動で誤差が大きくなったときは応答しきれません。応答を速くしたいときは、微分回路を入れます。

図1の式(2)が積分回路本来の式(伝達関数と呼ぶ)です。単体での実験で抵抗 R_2 がないと、式(2)から直流ゲインが無限大に近いため、入力信号に直流分がなくてもOPアンプのオフセット電圧やバイアス電流で出力が飽和します。

そこで抵抗 R_2 により直流ゲインを抑えて飽和を防

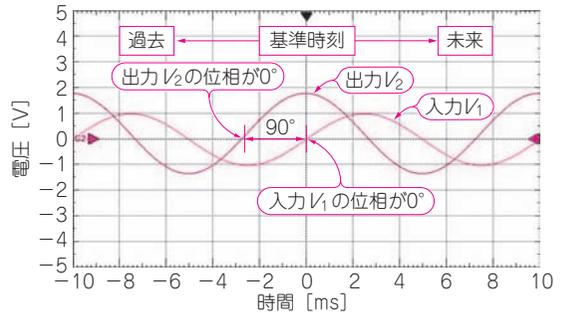


図2 実験! 図1の回路の入出力波形

位相差を求めるときは次のようにする。水平軸の中央の時刻(0 ms)を基準とすると、左側はそれよりも過去、右側はそれよりも未来である。基準のところに比較の基準信号 V_1 の 0° をおくと、比較対象 V_2 の 0° はそれよりも1周期の $1/4 (= 90^\circ)$ 分過去になっているから、 90° 先行している。つまり V_2 は V_1 よりも 90° 進んでいるとして、位相差を $+90^\circ$ とする。 V_1 も V_2 も正弦波、つまり三角関数波形であり、三角関数は周期関数で、 0° , $\pm 360^\circ$, $\pm 720^\circ$, $\pm 1080^\circ$, ...の区別は付かないし、ネットワーク・アナライザにも区別が付かない。そこでネットワーク・アナライザの表示に -270° (に 360° 足す) $= +90^\circ$ と換算したわかりやすい位相差を記入している

ぎ実験しやすくしています。制御回路中の積分回路は、直流的な負帰還がかかっているため抵抗 R_2 は不要です。

● 実験

図2は、積分回路に $2V_{P-P}$ で100 Hzの入力 V_1 を加えたときの入出力特性です。

ゲインは式(2)から1.59倍です。出力 V_2 は約 $3.2V_{P-P}$ となっているため計算のとおりです。位相差は式(2)から $-1/j = j (\because j^2 = -1)$ となります。 j は 90° を意味するので、入力 V_1 と出力 V_2 の位相差も 90° です。

図3は積分回路の周波数特性です。式(2)からゲインが1倍($= 0 \text{ dB}$)になるときの周波数は約160 Hzで、測定結果と一致しています。積分回路として使用可能な位相が -90° 遅れている周波数範囲は、10 Hz ~ 100 kHzと広帯域です。

-90° 遅れているというのは変な表現ですが、「積分回路は位相が 90° 遅れる」という原則に従って、反転型積分回路を強調するためにこうしています。