

センサ計測からアクチュエータ駆動まで 研究室で役に立つ! OPアンプ応用回路集

第10回 インダクタ・レス&無調整! 1/3オクターブ6次BPF

OPアンプ+CR部品だけで作れる

松井 邦彦 Kunihiko Matsui

JIS規格の周波数分析用フィルタなどのように、フィルタによっては厳密な仕様を満たす必要があります。ところがアナログ・フィルタを作ると、部品の素子値がばらつくので、実際の特性は理想特性から外れます。製作後の調整が必要になることも珍しくありません。

その理由は、フィルタの作り方にあります。OPアンプを使って高次フィルタを作る場合、2次フィルタに分割して作るのが一般的ですが、素子のばらつきが特性に与える影響が大きくなりがちなのです。

それに対して、LCはしご型のように分割のないフィルタを使うと、誤差の影響が分散され、素子ばらつきの影響が小さくなります。ただし、Lを使うとなると別の問題も出てきます。

そこで、LをC、R、OPアンプで置き換えるのがLCシミュレーション・フィルタです。素子感度が低いLCフィルタ構成を使いつつ、Lを使わずに製作できます。うまく設計すれば、高次フィルタでありながら無調整で必要な特性が得られます。

〈編集部〉

高次フィルタを作るには やっかいな調整作業が必要

● 中心周波数20 kHzの1/3オクターブBPFを作ること考えてみる

周波数分析用としてJIS C1513などに規格化されている1/3オクターブBPFを例題に回路を設計してみます。JIS C1513-1983の規格を満たすには、 $Q = 4.32$ が必要です。中心周波数を20 kHzとしてみます。なお、JIS規格は改定され、現行はJIS C1513-2002になっています。

1オクターブとは周波数が倍または半分という単位です。1/3オクターブBPFとは、図1のように周波数を $2^{1/3} = 1.26$ 倍ずつずらして並べ、1オクターブ(2倍)の周波数を同じ割合で3等分するバンド・パス・フィルタのことです。

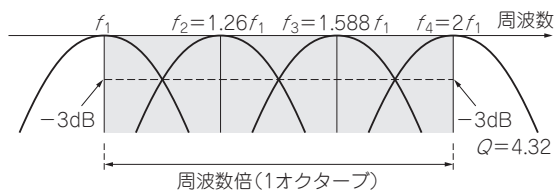


図1 1/3オクターブ幅バンドパス・フィルタの周波数特性
FFTにより出番が減ったが、長く昔から周波数分析に使われている。
IECやJISで規格化もされている

● 2次×3段のアクティブ・フィルタで作ることになる
アクティブ・フィルタを作るときは2次フィルタごとに区切って作るのが普通です。フィルタ設計用ソフトウェアを使うと、各段のフィルタ仕様が簡単に求まります。上記の場合は、以下のフィルタになります。

- ① 1段目; $f_0 = 22.1$ kHz, $Q = 8.68$, $G = 0$ dB
- ② 2段目; $f_0 = 20.0$ kHz, $Q = 4.32$, $G = 0$ dB
- ③ 3段目; $f_0 = 18.09$ kHz, $Q = 8.68$, $G = 12.1$ dB

ただし、 G は各段の電圧ゲインです。

2次フィルタ3段ですから合計6次のBPFです。BPFはLPF + HPFの組み合わせなので、6次のBPFを3次対と呼ぶこともあります。平坦な部分があるような広帯域BPFでは、LPFとHPFの周波数が離れるので、たとえば2次LPF + 4次HPFといった表現になります。

図2に1/3オクターブBPFの回路図を示します。 f_0 、 Q 、 G がわかれば、フィルタ回路の定数を求めることができるので、設計の手間はかかりません。

作ってみるとわかるのですが、この回路では無調整というわけにはいきません。最低でも、各段の f_0 の調整は必要です。

アクティブ・フィルタは簡単に作れるのですが、高次のフィルタを作るときは2次フィルタの一つ一つをちゃんと作らないと、全体の特性が悪化してしまう欠点があります。良好な特性を得ようとしたら、どうしても調整作業が必要です。しかも、フィルタの特性を調整するのは大変です。ネットワーク・アナライザと