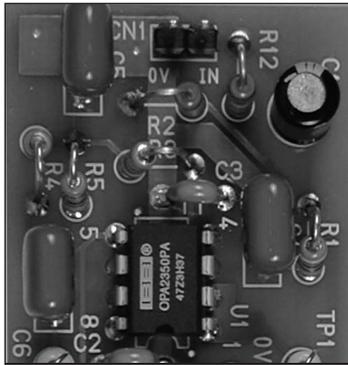


投稿



合わせこみを融通の利く抵抗値だけに絞る計算アプローチ

「コンデンサ値を先に決める」 精度1%のLPF設計法

澤田 明 Akira Sawada

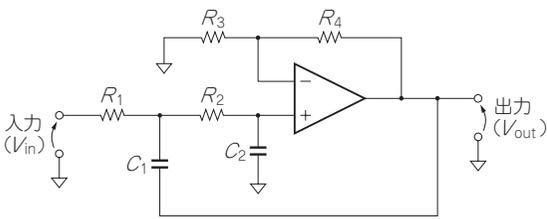
コンデンサを任意に決めてから 抵抗を計算する設計アプローチの提案

● アナログ・フィルタの精度はCRの選びかたで変わる
電気信号を周波数成分で選び、必要な範囲を取り出すときにフィルタを使います。

アナログ信号のフィルタは、低周波(おおむね1 MHz以下)なら抵抗、コンデンサ、OPアンプを組み合わせて作るのが一般的です。

OPアンプでローパス・フィルタを(LPF)作るとき、一般的に使われる回路構成を図1に示します。

フィルタ特性を決めるCRはコンデンサ2個と抵抗3～4本です。これらのうち、定数を自由に決められるのは1～2個です。残りの定数は、フィルタ特性から計算で決まる値になります。



$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{H\omega_0^2}{s^2 + s\frac{\omega_0}{Q} + \omega_0^2}$$

$$= \frac{\left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}}{s^2 + s\left(\frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_1} - \frac{R_4}{R_3} \frac{1}{R_2 C_2}\right) + \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

ω_0 : 折点(おれてん)角周波数。パワーソース特性の場合はカットオフ周波数 ω_C に等しい
 Q : 回路のクオリティ・ファクタ
 H : 回路ゲイン(倍率)。 $H=1$ の場合 $R_3=\infty$ (開放)、1倍未満のときは R_1 部分を減衰器にする

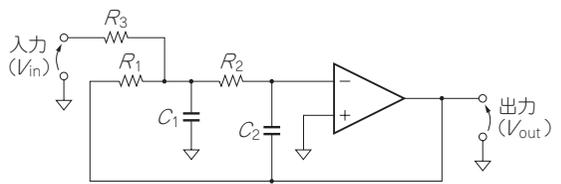
(a) サレン・キー型

● 入手できるコンデンサによって精度が左右される
CR素子の誤差は周波数特性へ影響するので、なるべく計算値に近い値を使いたいところですが、入手しやすいコンデンサはE6系列などで、値がとびとびです。計算値に対して最寄りの値を選ぶだけでは、誤差が大きくなりがちです。

よく見かけるLPF設計法では、少なくとも1つのコンデンサは値を指定できず、計算で得られた値に実際の値を合わせ込むしかありません。高精度を求めると、複数のコンデンサを組み合わせて計算値に近い値を実現することになります。

● 抵抗なら計算値に合わせやすいので精度が出せる
今回提案する設計法は、回路に必要な2つのコンデンサの値を比較的自由に決められます。そのかわりに抵抗値はすべて計算で求まる値になります。

抵抗ならE96系列など刻みの細かい値も入手しやすいですし、安価なので2個直列や並列にしても大きな



$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-H\omega_0^2}{s^2 + s\frac{\omega_0}{Q} + \omega_0^2}$$

$$= \frac{-\left(\frac{R_1}{R_3}\right) \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}}{s^2 + s\left(\frac{1}{C_1} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) + \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}\right)}$$

ω_0 : 折点(おれてん)角周波数。パワーソース特性の場合はカットオフ周波数 ω_C に等しい
 Q : 回路のクオリティ・ファクタ
 H : 回路ゲイン(倍率)。

(b) 多重帰還型

図1 よく使われる2次ローパス・フィルタの回路

3次は1次+2次、4次は2次+2次、5次は1次+2次+2次…と、高次のフィルタも2次フィルタをベースに作る