

電気塾⑬

OPアンプを使うほうが簡単！ 初めてのアクティブ・フィルタ

ここまで、抵抗とキャパシタだけのフィルタを紹介しました。次はOPアンプ(OPERational Amplifier)を使った本格的なフィルタ「アクティブ・フィルタ」の設計に挑戦してみましょう。

抵抗/キャパシタとOPアンプを組み合わせたフィルタ

● パッシブ・フィルタより簡単に所定の性能が得られる
OPアンプなど半導体(semiconductor)部品と組み合わせたフィルタを、アクティブ・フィルタ(active filter)と呼びます。対して、抵抗とキャパシタ(キャパシタとインダクタの場合もあります)を組み合わせた半導体の部品を含まない構成のフィルタをパッシブ・フィルタ(passive filter)と呼びます。

英語でアクティブとは「活動的な」、パッシブとは「受動的な」という意味ですが、電子回路では、半導体を使っている、使っていない、という意味でよく使われます。

OPアンプを使ったフィルタは、信号源側の出力インピーダンスやフィルタの出力の受け側の入力インピーダンスの影響をほとんど受けません。ですから抵抗とキャパシタのフィルタで存在した条件、

$$5\text{ k}\Omega < R < 10\text{ k}\Omega$$

をほとんど気にしなくてよいのです。つまり、OPアンプを使ったことで、設計の自由度が大きくなったのです。ここで「ほとんど」と書いたのは、抵抗Rに100Ωから1MΩ程度の範囲で常識的な値が使えるという意味です。抵抗Rとして0.1Ω、100MΩなどの極端な値を使うことは、お薦めできません。

OPアンプを使っても、フィルタを構成するのに抵抗とキャパシタを使うことに変わりはありません。いくつか実例をみていきましょう。

基本アクティブ・フィルタ① サレン・キー回路

● OPアンプ1個で作れる

OPアンプを使ったLPFとして一般的なのは、図1に示すサレン・キー(Sallen-Key)回路です。

図1の回路を設計するための設計式と手順を説明しましょう。フィルタのカットオフ周波数 f_c は、電気塾⑬の式(1)と似た形の、

$$f_c = \frac{1}{2\pi C_F R_F} \dots\dots\dots (1)$$

で表せます。式(1)の抵抗 R_F と図1の抵抗 R_1 、 R_2 の関

係は式(2)です。

$$R_1 = R_2 = R_F \dots\dots\dots (2)$$

一方、式(1)のキャパシタ C_F と図1のキャパシタ C_1 、 C_2 の関係は式(3)です。

$$C_1 = 2QC_F = 2 \times \frac{1}{\sqrt{2}} C_F = \sqrt{2} C_F \dots\dots (3)$$

$$C_2 = \frac{1}{2Q} C_F = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{2}}} C_F = \frac{1}{\sqrt{2}} C_F \dots\dots (4)$$

$$\therefore Q = \frac{1}{\sqrt{2}} (\approx 0.707) \dots\dots\dots (5)$$

式(5)で、Q(キューと読む)という新しい用語が登場しました。Qは、ここでは「信号が通過する周波数での平坦さを決める値」と考えてください。信号が通過する周波数の部分は、周波数によるデコボコがない平坦な特性が好ましいので、Qの値が一番平坦な特性となる $Q = 1/\sqrt{2}$ とします。理由は難しいので、そういうものなのだと考えてください。

● カットオフ1kHzのフィルタを設計してみる

カットオフ周波数 $f_c = 1\text{ kHz}$ として設計してみましょう。式(2)から抵抗 R_1 と R_2 は、主観的に10kΩとしました。

$$R_F = R_1 = R_2 = 10\text{ k}\Omega \dots\dots\dots (6)$$

抵抗 $R_F = 10\text{ k}\Omega$ なので、キャパシタ C_F は式(1)を電気塾⑬の式(2)のように変形して、

$$C_F = \frac{1}{2\pi f_c R_F} = \frac{1}{2\pi \times 1 \times 10^3 \times 10 \times 10^3} \\ \approx 16\text{ nF} \dots\dots\dots (7)$$

設計式

$$f_c = \frac{1}{2\pi C_F R_F} \\ R_1 = R_2 = R_F \\ C_1 = \sqrt{2} C_F \\ C_2 = \frac{C_F}{\sqrt{2}}$$

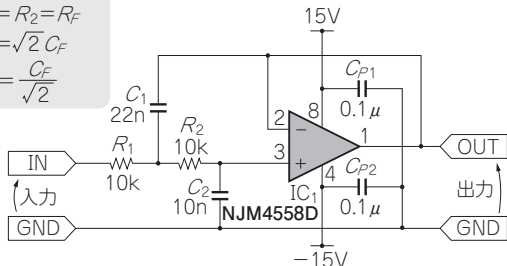


図1 OPアンプを使ったローパス・フィルタの定番サレン・キー回路
カットオフ周波数1kHzにあわせて設計してみた

【セミナー案内】 実習・ARMコア内蔵FPGAのハードウェア開発入門 ～Xilinx社Zynq編
—— Lチカから高位合成による本格IPまで

【講師】 小林 優 氏, 6/12(火)～13(水) 36,000円(税込み) <http://seminar.cqpub.co.jp/>