

第9章

回路のフィルタでふるいにかける

必要な周波数成分を抽出する

9.1

周波数の違いで信号を分離する回路 フィルタの基礎知識

多くの信号から必要な周波数成分だけを通過させ、不要な周波数成分を阻止する回路を総称して**フィルタ** (filter) と呼びます。

フィルタの実現方法は、

- ① 受動素子(コイル L , コンデンサ C , 抵抗 R) だけで構成される **パッシブ・フィルタ**
- ② 能動素子(OPアンプ)と受動素子(コンデンサ C , 抵抗 R) を組み合わせて実現する **アクティブ・フィルタ**
- ③ アナログ素子ではなくデジタル演算で実現される **デジタル・フィルタ**

の三つに大別されます。

ここでは、各種のアクティブ・フィルタ回路を紹介します。

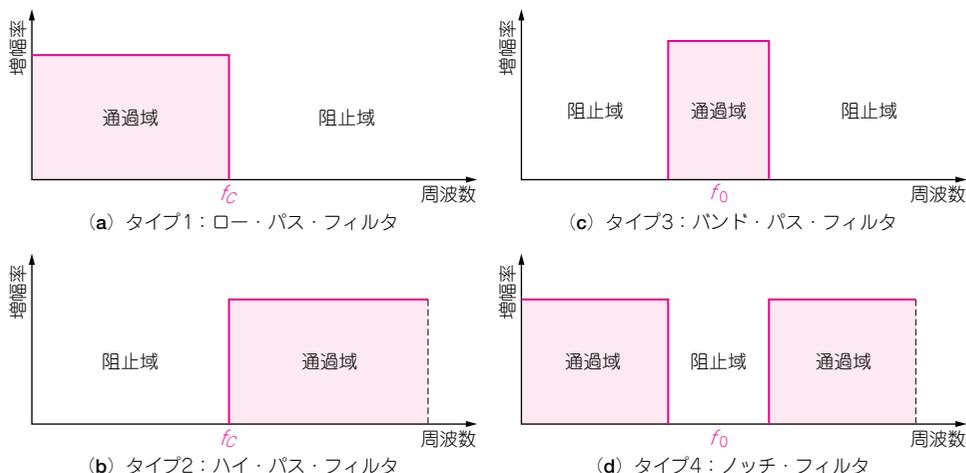
第4章で解説した CR 積分回路や第8章で解説した不完全積分回路は、**カットオフ周波数 f_C** より低い周波数ではほぼ一定の増幅率をもち、 f_C より高い周波数では周波数が高くなるとともに、増幅率は0倍に向かって小さくなっていきます。

これらは、低い周波数成分だけを通過させ、高い周波数成分を阻止する **ロー・パス・フィルタ (LPF, 低域通過フィルタ)** としての性質をもっています。

一方、第6章で解説した交流結合回路 (CR 微分回路) や第8章で解説した不完全微分回路は、**カットオフ周波数 f_C** より高い周波数ではほぼ一定の増幅率をもち、 f_C より低い周波数では周波数が低くなるとともに増幅率は0倍に向かって小さくなっていきます。これらは、高い周波数成分だけを通過させる **ハイ・パス・フィルタ (HPF, 高域通過フィルタ)** としての性質をもっています。

このように、周波数の違いで信号を分離する回路を総称

図1 理想的なフィルタの周波数特性



バンド・エリミネータ・フィルタはノッチ・フィルタとも呼ばれています。



第10章

サーミスタと白金測温抵抗体をA-Dコンバータにインターフェースする

温度センサ回路におけるOPアンプの応用

10.1

抵抗ブリッジと差動アンプでリアライズ サーミスタ・インターフェース回路

図1は、半導体レーザの温度モニタ用のサーミスタを、4.096 Vフルスケールの単電源動作のA-Dコンバータに接続するためのインターフェース回路です。

● 使用するOPアンプ

OPアンプは、発熱の多いレーザ・モジュール近辺で使用するため、温度ドリフトの少ないものが望ましいです。

ここでは、低電圧高精度CMOSレール・ツー・レールOPアンプTLV2472(テキサス・インスツルメンツ)を5V単一電源で使用しています。

TLV2472は2回路入りで、TLV2471は1回路入りのものです。

TLV2472のオフセット電圧は最大で2.2 mVと並ですが、温度ドリフトは0.4 μV/℃(typ)と極めて少なく、OP27のような高精度OPアンプに匹敵します。

また、出力電圧範囲も5V単一電源で使用したときに0.5~4.6 V($I_{out} = 10\text{ mA}$)程度と広く、このような用途に適しています。

● サーミスタ

温度モニタ用サーミスタは

$R_0 = 10\text{ k}\Omega @ 25^\circ\text{C}$ 、 B 定数が3900のものが使われています。

温度 T [K] におけるサーミスタの抵抗値 R_T は、次の式で近似されます。

$$R_T = R_0 \exp \left\{ B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right\}$$

R_T : T Kでの抵抗値 [Ω]

R_0 : 抵抗値(10 k $\Omega @ 25^\circ\text{C}$)

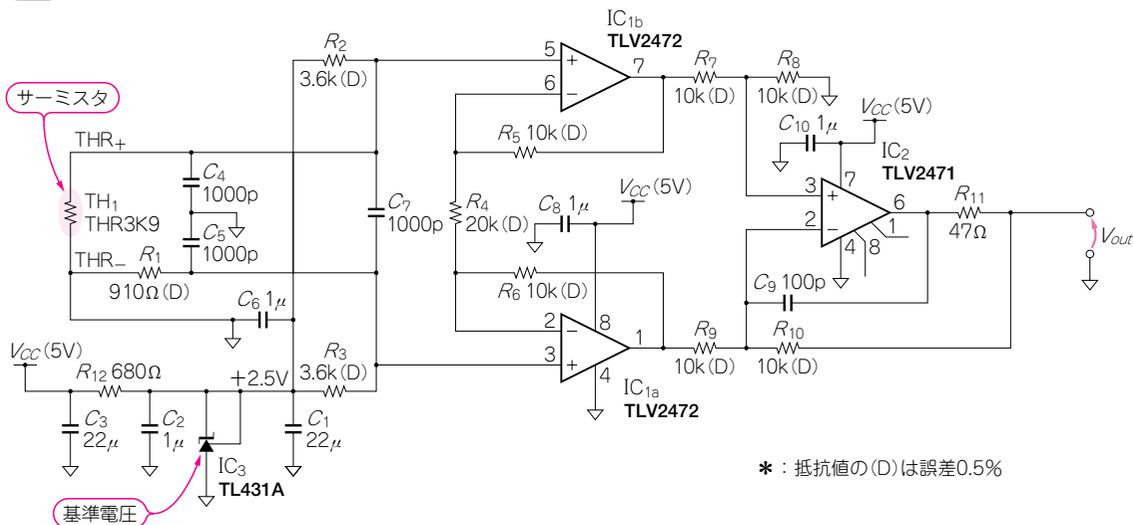
B : B 定数(3900)

T : 測定温度 [K]

T_0 : 298.5 K (25 $^\circ\text{C}$)

この抵抗値の変化は図2のように非線形なので、ブリッジ回路 TH_1 , R_1 , R_2 , R_3 を用い

図1 サーミスタとA-Dコンバータをインターフェースする回路



* : 抵抗値の(D)は誤差0.5%

第11章

不要な信号を濾過して必要な信号だけを取り出す

フィルタ回路における
OPアンプの応用11-1 リンギングなどの波形の乱れが少ない特徴をもつ
OPアンプ1個で作る3次ロー・パス・フィルタ

コスト要求が厳しいときや実装スペースが少ないときなど、困ったときのためにOPアンプ1個でできる3次ロー・パス・フィルタ(Low-Pass Filter; LPF)を紹介します。

● ゲッフェ型の3次ロー・パス・フィルタ

回路を図1に示します。ゲッフェ(Geffe)型の3次ロー・パス・フィルタで、リニア・フェーズ・フィルタを元にして、SPICEを用いてコンデンサの値が入手しやすい値になるようにパラメータ・フィッティングを行ったものです。

バターワース特性に比べて振幅特性では劣りますが、群遅延特性が平坦なため、リンギング

など波形の乱れが少ない特徴があります。

特性のシミュレーション結果を図2に示します。

ゲッフェ型のフィルタはQの高いフィルタには適しませんが、入力直後の部分もOPアンプの非反転入力端子部分にも、それぞれ R_1 、 C_1 と R_3 、 C_3 のパス・フィルタがあるような構成になっているため、EMIを受けにくいというのも利点のひとつです。

● バターワース特性に変更できる

C_1 、 C_2 の値を回路図中の括弧内の値に変更すると、特性をバターワース特性に変えることができます。このときの特性の

シミュレーション結果も図2に示してあります。

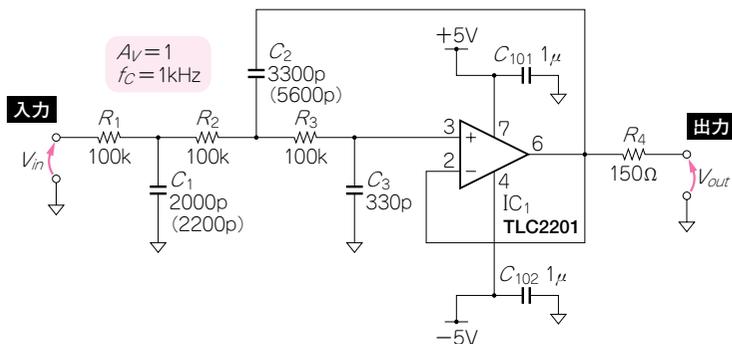
また、周波数特性を決める抵抗の値が同一であるため、抵抗値をスケールするだけで簡単にカットオフ周波数を変更することができます。

ただし、回路で使用しているOPアンプTLC2201(テキサス・インスツルメンツ)は高精度/低ドリフト用途のOPアンプです。ゲイン・バンド幅が1.9 MHz(typ)と広くないため、カットオフ周波数をあまり上げることはできません。

もし、数kHz~10 kHzあたりのカットオフ周波数で使いたい場合には、もう少しゲイン・バンド幅の広い($GBW = 10$ MHz)TLC072(テキサス・インスツルメンツ)のようなOPアンプが適しています。

ただし、図1に示した回路では、カットオフ周波数が1 kHzにおいてできるだけ小型のコンデンサを使用するために、 $R_1 \sim R_3$ が100 k Ω とやや高インピーダンス設計になっています。そのため、 $R_1 \sim R_3$ の値を10 k Ω 前後になるように変更します。

図1 ゲッフェ型3次ローパス・フィルタの回路
 C_1 、 C_2 を()内の値に変更すると3次バターワース特性になる



第12章

さまざまなアナログ信号処理機能を実現する

スペシャル・ファンクション回路におけるOPアンプの応用

12.1 100 mV～2.5 Vの電圧を-5 mA～-125 mAの電流に変換する パワーOPアンプを使った半導体レーザー・ドライバ

図1に示す回路は、半導体レーザーのバイアス用レーザー・ドライバ回路です。

使用を想定しているレーザー・ダイオードは、アノードがケースに接続されているタイプなのでアノードがグラウンドにな

り、負電圧電源からドライブすることになります。

そのため、正の制御電圧によって電流をシンクするような電圧-電流変換回路が基本となります。

この回路は、100 mV～2.5 V

の電圧をレーザー・ダイオードの-5 mA～-125 mAの電流に変換するのが主目的です。

● 低電圧/大電流用パワーOPアンプ

回路で使用しているOPA569 (テキサス・インスツルメンツ)

図1 半導体レーザーのバイアス用レーザー・ドライバ回路

