

デジタル・プログラマブル連続アクティブ・フィルタ

プログラマブル・アクティブ・フィルタは、ここ10年間で広く使われるようになってきました。これはスイッチド・キャパシタ・トポロジーの登場により、クロック周波数を変化させるだけで、固有周波数やフィルタのQなどのフィルタ・パラメータを変えられるようになったためです。しかし、スイッチド・キャパシタ・フィルタはサンプリング・データ・システムであるため、クロックのフィードスルー・ノイズやエイリアシング誤差などが課題となります。

図1の回路に、UAF42を使用してデジタル的にプログラム可能なアナログ・フィルタを構成する方法を示します。このモノリシック状態変数型アクティブ・フィルタ・チップは、外付け部品を変更しても影響が少ない2極フィルタ・ビルディング・ブロックを内蔵しています。UAF42は、スイッチド・キャパシタ・フィルタに共通するエイリアシング誤差や、クロック・フィードスルー・ノイズを除去します。また、ローパス、ハイパス、バンドパス、およびノッチ(バンド除去)出力を同時に利用することができます。

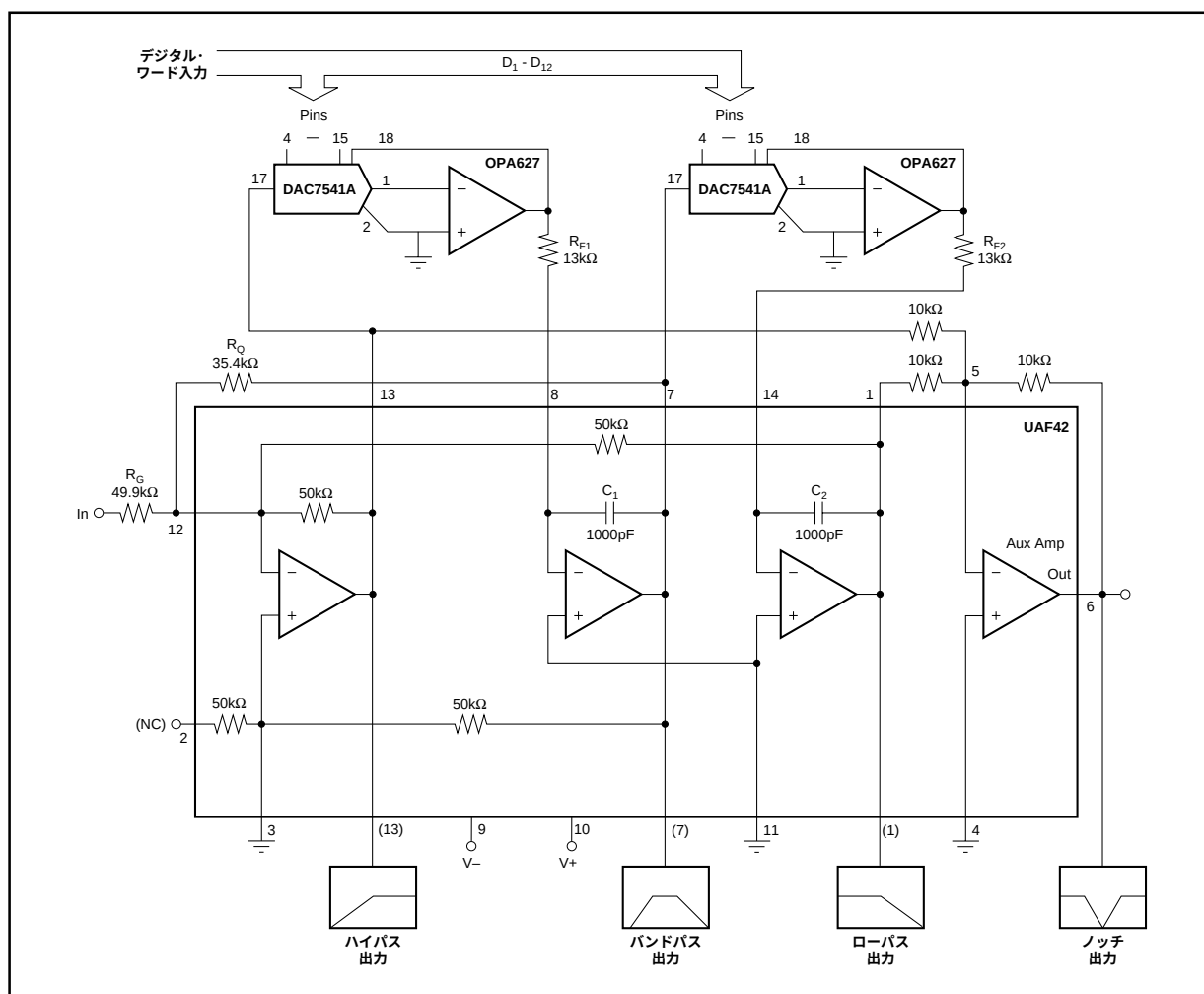


図1. デジタル・プログラマブル・アナログ・フィルタ

この回路では1個のUAF42状態変数型フィルタ、2個の外部オペアンプ、数本の抵抗、および2個の共通マルチプライングDAC (MDAC)を使用しています。UAF42は1000pF、0.5%の高精度コンデンサを内蔵しているため、外部コンデンサは必要ありません。MDACは電圧減衰器として機能し、UAF42が内蔵する積分器のユニティゲイン帯域幅に影響を与えます。フィルタの固有周波数 f_0 は次の関係式で表されます。

$$f_0 = \text{DAC}_{\text{GAIN}} \cdot f_{\text{OMAX}} \quad (1)$$

ただし、
$$\text{DAC}_{\text{GAIN}} = \frac{X}{2^n}$$

$$f_{\text{OMAX}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10^{-9} \cdot R_F} \quad R_F = R_{F1} = R_{F2}$$

そして、
 $X = \text{DAC入力 } D_1 - D_{12} \text{ のデジタル・ワード}$
 $n = \text{DACのビット数}$

です。

ノッチ・フィルタの構成

たとえば、図1に示す回路で60Hzのノッチ・フィルタをプログラムするには、式(1)を使用してMDACに与えるデジタル・ワードを求めます。

$$X = 6.28 \cdot 10^{-9} \cdot R_F \cdot f_0 \cdot 2^n$$

ここで、

$$f_0 = 60 \quad R_F = 13\text{k}\Omega \quad n = 12$$

とすると、

$$X = 20.1$$

となります。

DACに与える12ビットのデジタル・ワードは、20すなわち000000010100でなければなりません。この場合の丸め誤差は、0.3%($f_{\text{NOTCH}} = 59.8\text{Hz}$)です。ただし、固有周波数 f_0 は f_{NOTCH} と等しくなります。

図2にバンド除去、すなわち“ノッチ出力”ノードでの応答を示します。ハイパス、バンドパス、およびローパス出力の応答を図3に示します。

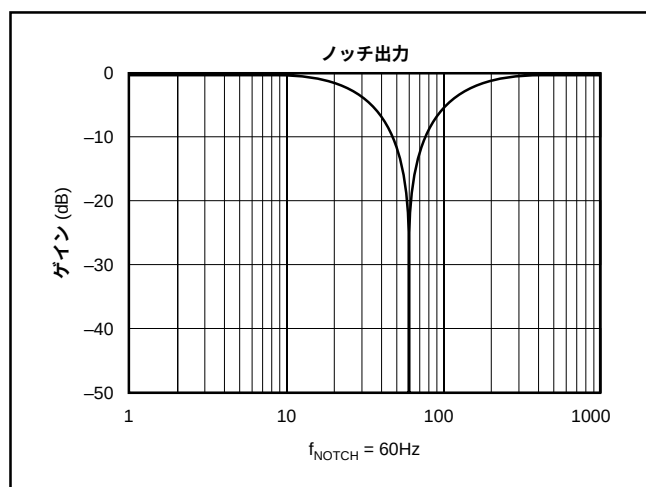


図2. 60Hzノッチ応答

図1のフィルタではQが0.707に設定されていますが、これは次の式(2)を使用して調整できます。

$$R_Q = 50\text{k}\Omega \cdot Q \quad (2)$$

フィルタのQを0.707に設定すると、2次バターワース応答が得られます。QはDACでプログラムした固有周波数の影響は受けません。ただし、固有周波数は、バターワース・フィルタの場合にはローパスおよびハイパス応答で-3dB(電力半値点)になります。

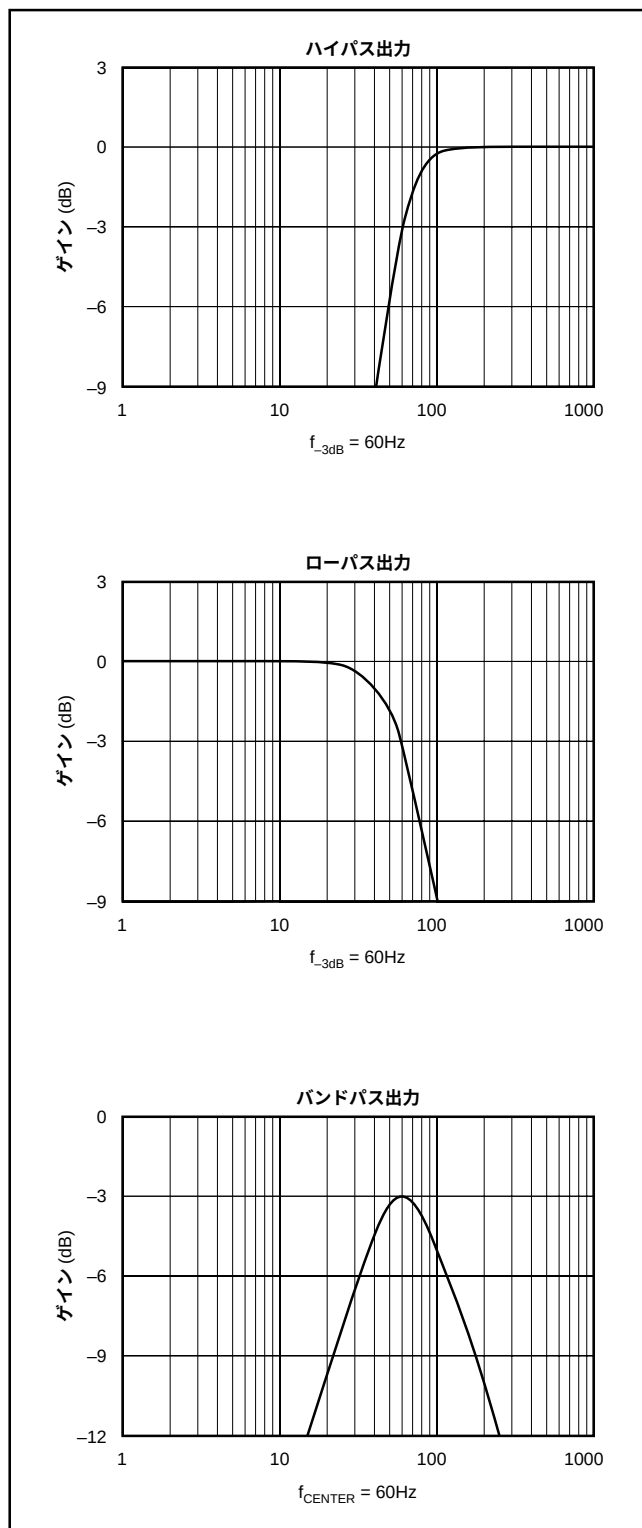


図3. ハイパス、ローパス、およびバンドパス応答($f_0 = 60\text{Hz}$)

また、バンドパス・フィルタの場合には中心周波数となり、バンド除去応答ではノッチ周波数になります。また、通過帯域ゲインは、バンドパス応答を除くすべての応答では、1になります。バンドパス出力では、 f_{CENTER} でのゲインはフィルタのQと等しくなります。

制限

図1の最大 f_0 は12.25kHzに設定されています。これは式(1)を使用すると調整できます。DACゲインの項を $(2^n - 1)/2^n$ 、 f_0 を希望の最大固有周波数に設定して、RFについて解きます。

たとえば、最大 f_0 を20kHzに拡張するには次式のようにになります。

$$RF = \frac{\frac{4095}{4096}}{2 \cdot \pi \cdot 10^{-9} \cdot 20\text{kHz}} = 7.96\text{k}\Omega$$

UAF42で達成可能な最大固有周波数は100kHzです。低い固有周波数をプログラムする場合、DACのゲインが減少するに従って f_0 の精度が低下する可能性があります。たとえば、12ビットDAC

を使用し、最大 f_0 を20kHzに設定すると、1LSBの変化を与える分解能は次のようになります。

$$\text{分解能} = \frac{1}{2^{12}} \cdot f_{0\text{MAX}} = \frac{1}{4096} \cdot 20\text{kHz} = 4.9\text{Hz}$$

12Hzといった低い固有周波数をプログラムしようとする場合、DACに加えるデジタル・ワードは2になります。したがって、 f_0 は次のようになります。

$$f_0 = \frac{2}{4096} \cdot f_{0\text{MAX}} = \frac{2}{4096} \cdot 20\text{kHz} = 9.8\text{Hz}$$

これは18%の誤差です。最大 f_0 を下げるか、高分解能なDACを使用すれば分解能を高くすることができます。 f_0 の誤差を±1%以内に収めるには、RF抵抗の許容差を1%未満にしなければなりません。

この回路にOPA627オペアンプを選択した理由は、低オフセット電圧、低雑音、低入力バイアス電流(FET入力)、安定度を維持する高ユニティ・ゲイン・バンド幅(GBW = 16MHz)といった特性を備えているためです。

このアプリケーションノートに記載されている情報は、信頼しうるものと考えておりますが、不正確な情報や記載漏れ等に関して弊社は責任を負うものではありません。情報の使用について弊社は責任を負えませんので、各ユーザーの責任において御使用下さい。価格や仕様は予告なしに変更される場合がありますのでご了承下さい。ここに記載されているいかなる回路についても工業所有権その他の権利またはその実施権を付与したり承諾したりするものではありません。弊社は弊社製品を生命維持に関する機器またはシステムに使用することを承認しまたは保証するものではありません。

日本バー・ブラウン株式会社

[http://www. bbj.co.jp/](http://www.bbj.co.jp/)

本 社 〒222-0033 横浜市港北区新横浜2-3-12 新横浜スクエアビル ☎ 045-476-7870

大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島6-1-1 新大阪プライムタワー ☎ 06-6305-3287

(AB-062)



万一つながらない場合は、お手数ですが弊社営業部FAX045-476-7889（有料）までご連絡くださるか、あるいはTELにてお問い合わせください。

©BBJ990902K