

概要

本キットは、デジタルポテンショメータ (DP) 品番DPM-0302L (別売) の応用 (アプリケーション) 回路の一つで、デジタルポテンショメータを使用したプログラマブルローパスフィルタ品番LPF-0306APユニットキット完成品です。
弊社キット、アクティブローパスフィルタ モデルLPF-0256 (注1) と基本回路は同じですが、正常選抵抗を2連(DUAL)のデジタルポテンショメータに置き換えて、フィルタのカットオフ周波数をプログラマブルにしたのが本キットの特色です。
プログラマブルローパスフィルタの応用は一般的なオーディオ信号回路などにも多く使われていますが、ADコンバータの高調波であるエイリアシング (Aliasing) (注2,3,4) 誤差を少なくするためにも多用されています。
オペアンプはマイクロチップ社単電源OPアンプMCP601を2個使っています。オーディオ信号 (交流) の入力を想定して回路を組んでありますが、直流入力への変更もジャンパーなどで簡単にできます (注5)。
デジタルポテンショメータと共に、本キットを実験用又はプログラム開発用にご利用されることをお勧めします。

デジタルポテンショメータ本体と、他の3種の応用回路例ユニットキットを用意しました。(別売)

- 品番DPM-0302L
デジタルポテンショメータ
- 品番 SVC-0303AP
プログラマブルステレオボリュームコントロールへの応用
- 品番 POP-0304AP
プログラマブル利得シングルエンドオペアンプへの応用
- 品番 PDA-0305AP
プログラマブル利得差動オペアンプへの応用

電気的特性

1. 交流特性 (オーディオ信号)

- ①最大入力電圧 2Vp-p(0.714Vrms) @ Vss=0V, Vdd=3V
- ②周波数特性 10Hz~100KHz @コード 0 (00h)
- ③利得 1倍
- ④推奨カットオフ周波数 (fc)
可変範囲 119Hz~21KHz
- ⑤推奨コード入力範囲 1 ~ 256 @ B タイプ使用
- ⑥直流バイアス電圧 1V @ Vdd=3V

2. 直流特性 (注5)

- ①最大入力電圧 3V @ Vss=0V, Vdd=3V
- ②周波数特性 10Hz~100KHz @コード 0 (00h)
- ③利得 1倍
- ④推奨カットオフ周波数 (fc)
可変範囲 119Hz~21KHz
- ⑤推奨コード入力範囲 1 ~ 256 @ B タイプ使用

動作とカットオフ周波数fcの計算

デジタルポテンショメータ品番DPM-0302Lの出力コネクタ (ピンヘッダ) を本キットのCN1, CN2 (ピンソケット) に接続すれば直ちに動作する (図1配線図参照)。電源はデジタルポテンショメータ本体から供給される。

オペアンプによるプログラマブルローパスフィルタは、バターワース (Butterworth) 特性2次ローパスフィルタで、入力抵抗と正常選抵抗を2連のDPに置き換えた回路構成となっている (注1及び本キット回路図参照)。ただし、DPの接続の仕方は2端子レオスタット (Rheostat) モードで、通常の電圧分割モード (3端子) と比較して精度、温度特性ともに悪くなるので注意すること (注4)。

ローパスフィルタのDP設定コードDnとカットオフ周波数fcの関係は下記の図2を参照して、近似的に次のようになる (注1)。なお、バターワースのカットオフ周波数fcとは、入力ゲインが1/√2(-3dB)になる周波数であり、fc以上の領域では、ほぼ6dB/octで右肩下がりで信号が減衰する。

$$f_c = 1 / (2\pi C \times R_b) \quad \text{--- 式1}$$

ここで、 $C = \sqrt{C_3 \times C_4}$, $R_b = \sqrt{R_{b0} \times R_{b1}}$

特性のほぼ一致した2連レオスタットを使用すると、 $R_b = R_{b0} = R_{b1}$ となり、Rbに設定コードDnを代入すると、 $R_b = R_{ab} \times D_n / 256$ で、式1は

$$f_c = 1 / (2\pi C \times R_{ab} \times D_n / 256) \quad \text{--- 式2}$$

となる。

ここで、Rabはレオスタットの全抵抗値で100KΩである。

また、本キットのローパスフィルタは、ゲインが1の2次セレンキー (Sallen-Key) 形ローパスフィルタなので、C3, C4の関係は次のようになる。

$$C_3 = 1.4C \quad C_4 = 0.7C$$

ただし、Cは $0 < C < 1$ の範囲でなければならない。Sallen-Key形は、この関係を満足するCの値を自由に決めることができるメリットがある (注6)。

本キットではCは固定とし、標準値マイラーコンデンサ $C_3 = 0.018 \mu F$ $C_4 = 0.01 \mu F$ を使用した。

プログラマブルローパスフィルタのDP設定コードDn (十進) とカットオフ周波数fcの関係を図3に、DP設定コードDn (十進) と実測値の関係を図4に示す。

注1: TEL エレクトロニクス ローパスフィルタ 品番LPF-0256 説明書

注2: 後関哲也著 dS PIC 活用ガイドブック エイリアシング (Aliasing) P352

注3: Microchip AN699 "Anti Aliasing, Analog Filter for Data Acquisition System"

注4: Microchip AN737 "Using Digital Potentiometer to Design Low-Pass Adjustable Filter"

注5: 直流入力変更の仕方

[直流入力への基板変更]

①C5, C6を基板から取り外しジャンパーとするか、基板裏面で各Cをショートする。

②R2, R3を基板から取り外す。

[直流入力の特記事項]

①直流入力はVss~Vdd(0V~3Vtyp)とする。これ以外の入力電圧ではDPが正常に動作しない。

注6: 今田 悟 他著 実用アナログフィルタ設計法 CQ出版社

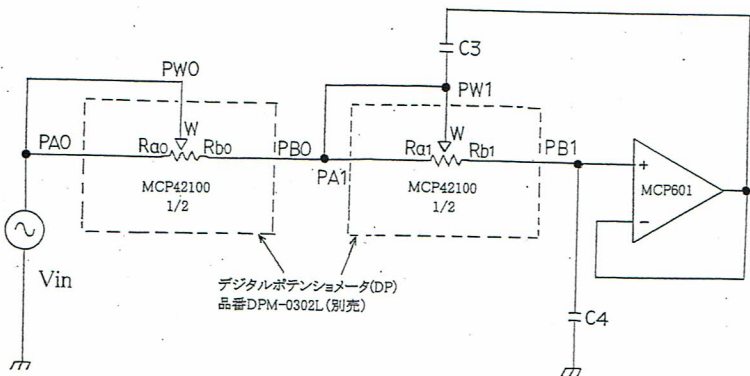
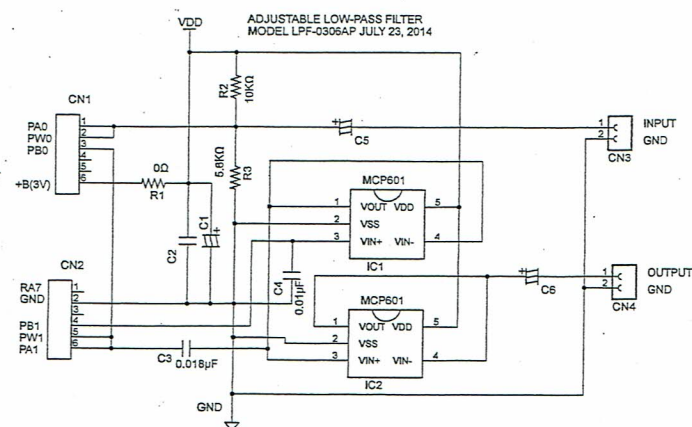


図2: デジタルポテンショメータ (DP) を使った
プログラマブルローパスフィルタ



プログラマブル ローパスフィルタ
品番LPF-0306AP 回路図

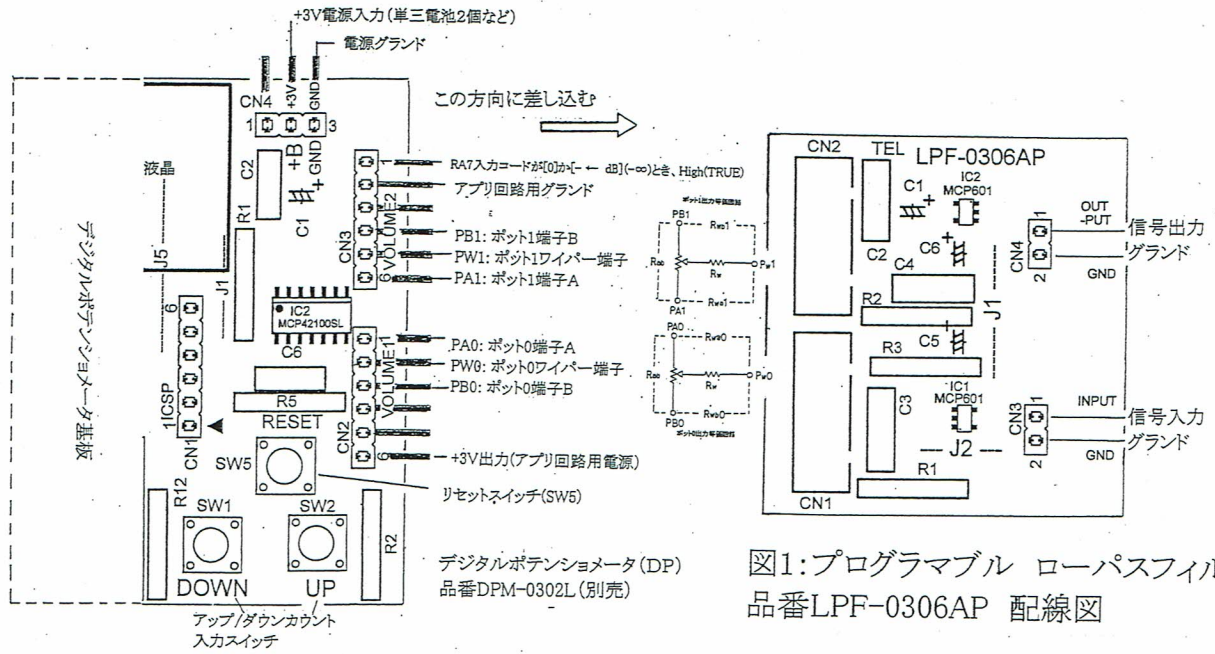


図1: プログラマブル ローパスフィルタ
品番LPF-0306AP 配線図

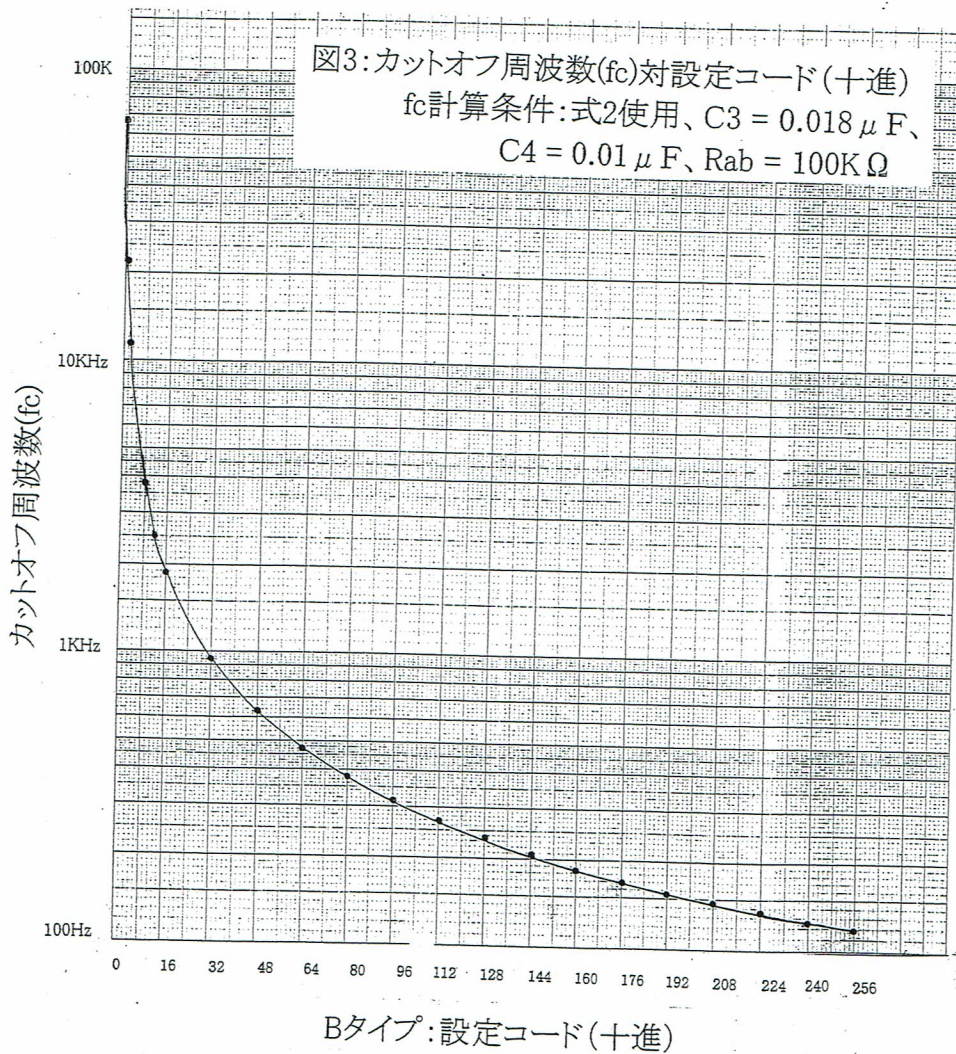


図4:DP設定コードDn(十進)と実測値dBの関係

測定条件:入力142mVrms、C3 = 0.018 μ F、
C4 = 0.01 μ F、Rab = 100K Ω

| コードDn | Rb(レオスタット抵抗値) | fc(カットオフ周波数) | 実測値dB(注7) |
|-------|-----------------|--------------|-----------|
| 0(注8) | (175 Ω) | 68KHz | - |
| 1(注9) | 566 Ω | 21KHz | -6.0dB |
| 2 | 956 Ω | 12.4KHz | -6.4dB |
| 3 | 1.35K Ω | 8.8KHz | -4.8dB |
| 4 | 1.74K Ω | 6.8KHz | -4.3dB |
| 5 | 2.1K Ω | 5.6KHz | -4.0dB |
| 6 | 2.52K Ω | 4.7KHz | -3.5dB |
| 7 | 2.91K Ω | 4.1KHz | -3.2dB |
| 8 | 3.125K Ω | 3.8KHz | -4.5dB |
| 9 | 3.52K Ω | 3.4KHz | -4.6dB |
| 10 | 3.9K Ω | 3.0KHz | -4.5dB |
| 11 | 4.3K Ω | 2.8KHz | -4.7dB |
| 12 | 4.7K Ω | 2.5KHz | -3.5dB |
| 13 | 5.1K Ω | 2.3KHz | -4.2dB |
| 14 | 5.5K Ω | 2.2KHz | -4.0dB |
| 15 | 5.9K Ω | 2.0KHz | -3.7dB |
| 16 | 6.25K Ω | 1.9KHz | -4.0dB |
| 32 | 12.5K Ω | 950Hz | -3.4dB |
| 48 | 18.75K Ω | 633Hz | -3.4dB |
| 64 | 25K Ω | 475Hz | -3.4dB |
| 80 | 31.25K Ω | 380Hz | -3.3dB |
| 96 | 37.5K Ω | 315Hz | -3.5dB |
| 112 | 43.75K Ω | 271Hz | -3.2dB |
| 128 | 50K Ω | 238Hz | -3.2dB |
| 144 | 56.25K Ω | 211Hz | -3.2dB |
| 160 | 62.5K Ω | 190Hz | -3.3dB |
| 176 | 68.75K Ω | 173Hz | -3.2dB |
| 192 | 75K Ω | 158Hz | -3.2dB |
| 208 | 81.25K Ω | 146Hz | -3.1dB |
| 224 | 87.5K Ω | 136Hz | -3.0dB |
| 240 | 93.75K Ω | 127Hz | -3.1dB |
| 256 | 100K Ω | 119Hz | -3.0dB |

注7:fcのデシベル換算値

注8:ワイパー抵抗の影響によりRbは0にならない。コード0は使用できない。

注9:ワイパー抵抗の影響により、コード1~16の領域は-3dB以下となる。

エレクトロニクス・キット
 (有) 谷岡電子
 〒164-0003 東京都中野区
 東中野1-51-13
 大島ビル第一別館402
 ☎ (03)3366-4552