

MAX&+(#5 L&+)

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

概要

MAX274/MAX275は、カスケード可能な独立した2次フィルタセクションを内蔵した、連続時間型アクティブフィルタです。各セクションは、バターワース、ベッセル、チェビシェフのような任意の全ポールバンドパス、あるいはローパスフィルタレスポンスを4本の外部抵抗によって構成できます。MAX274/MAX275は連続時間型のため、スイッチド・キャパシタフィルタより低ノイズで、優れたダイナミック特性を有しています。このタイプのフィルタにはクロック信号を必要としないため、クロックノイズとエリアシング信号が発生しません。

MAX274は2次×4セクションで構成され、8次フィルタを実現しており、中心周波数は150kHzまででその精度は全温度動作範囲にわたって±1%以内です。全高調波歪(THD)は、-89dB(typ)以上です。

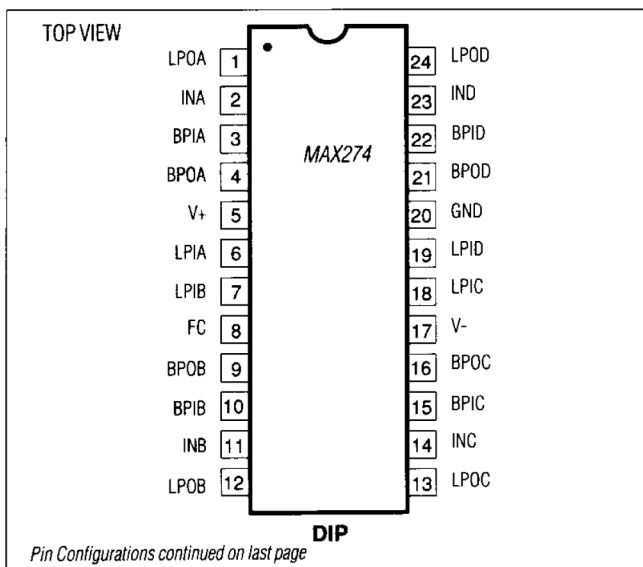
一方、MAX275は2次×2セクションで構成され、4次フィルタを実現しており、中心周波数は300kHzまでで、その精度は全温度動作範囲にわたって±0.9%以内です。全高調波歪(THD)は、-86dB(typ)以上です。

両製品とも+5V単一電源、またはデュアル±5V電源から動作します。

アプリケーション

低歪アンチ・エリアシングフィルタ
DAC出カスムージングフィルタ
モデム
オーディオ/ソナー/アビオニクス用周波数フィルタ
振動解析

ピン配置



特長

- ◆連続時間フィルタ：クロック不要(クロックノイズ無し)
- ◆バターワース、チェビシェフ、ベッセル及び他のフィルタ応答
- ◆ローパス、バンドパス出力
- ◆動作電源電圧：+5V単一、または±5V電源
- ◆設計用ソフトウェア有り
- ◆MAX274評価キット
- ◆8次フィルタ：2次×4セクション(MAX274)
4次フィルタ：2次×2セクション(MAX275)
- ◆中心周波数範囲：150kHz(MAX274)
300kHz(MAX275)
- ◆低ノイズ：-86dB THD typ (MAX274)
-89dB THD typ (MAX275)
- ◆中心周波数精度：±1%(MAX274)、±0.9%(MAX275)
(全温度範囲で保証)

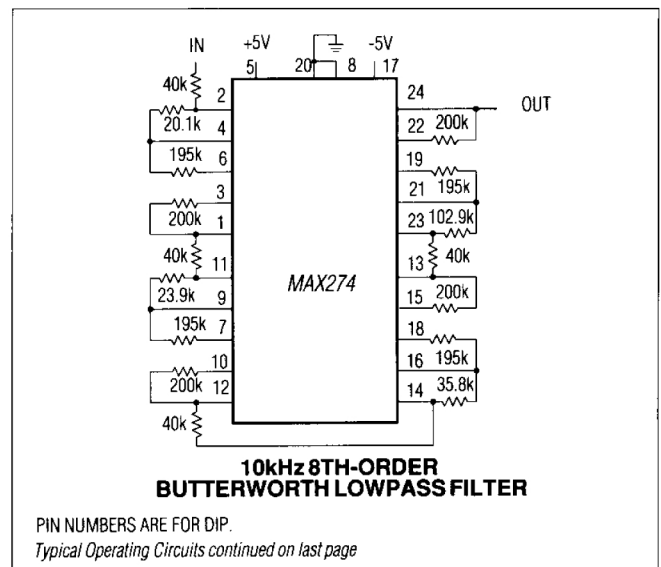
型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX274ACNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX274BCNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX274ACWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX274BCWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX274BC/D	0°C to +70°C	Dice*

Ordering Information continued on last page

* Contact factory for dice specifications.

標準動作回路



本データシートは日本語翻訳であり、相違及び誤りのある可能性があります。設計の際は英語版データシートを参照してください。

価格、納期、発注情報についてはMaxim Direct (0120-551056)にお問い合わせいただくか、Maximのウェブサイト(japan.maximintegrated.com)をご覧ください。

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V+ to V-	-0.3V, 12V
Input Voltage to GND (any input)	V- - 0.3V, V+ + 0.3V
Continuous Power Dissipation (TA = +70°C)	
MAX274	
24-Pin Narrow Plastic DIP	
(derate 13.33mW/°C above +70°C)	1067mW
28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C)	1000mW
24-Pin CERDIP (derate 12.50mW/°C above +70°C)	1000mW
MAX275	
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	889mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
20-Pin CERDIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	889mW

Operating Temperature Ranges:	
MAX27__C__	0°C to +70°C
MAX27__E__	-40°C to +85°C
MAX27__MRG	-55°C to +125°C
Storage Temperature Range	-65°C to +165°C
Lead Temperature (soldering, 10 sec)	+300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS – MAX274

(V+ = 5V, V- = -5V, test circuit A of Figure 1a, TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
FILTER CHARACTERISTICS							
Maximum Operating Frequency					10		MHz
Center-Frequency Range	F _o	(Note 1)			100 to 150k		Hz
Center-Frequency Accuracy	F _o		MAX274A	-1.0		1.0	%
			MAX274B	-1.4		1.4	
Q Accuracy - Unadjusted			MAX274A	-10		10	%
			MAX274B	-15		15	
Q Accuracy - Adjusted		Scaled for bandwidth compensation			±2.8		%
F _o Temperature Coefficient	ΔF _o /ΔT	(Note 2)			-28		ppm/°C
Q Temperature Coefficient	ΔQ/ΔT	(Note 2)			160		ppm/°C
Wideband Noise	V _{NOISE}	LPO_, Figure 1a, test circuit B	1Hz to 10Hz		23		μVRMS
			10Hz to 10kHz		120		
DC CHARACTERISTICS							
DC Lowpass Gain Accuracy	H _{OLP}	Assume ideal resistors	MAX274A	-2		2	%
			MAX274B	-3		3	
Offset Voltage at Outputs	V _{OS}	LPO_	MAX274A	-200		200	mV
			MAX274B	-300		300	
		BPO_	MAX274A	-40		40	
			MAX274B	-80		80	
Offset Voltage Drift	ΔV _{OS} /ΔT				20		μV/°C
Leakage Current at FC Pin	I _{FC}			-10		10	μA
DYNAMIC FILTER CHARACTERISTICS							
Signal-to-Noise plus Distortion	SINAD	F _{TEST} = 1kHz, Figure 1a, test circuit B	LPO_, V _{LPO} = 8Vp-p		-86		dB
				F _{TEST} = 10kHz, Figure 1a, test circuit C		-82	

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued) – MAX274

(V+ = 5V, V- = -5V, test circuit A of Figure 1a, TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Swing	V _{OUT}	LPO ₋ , BPO ₋ , R _{LOAD} = 5kΩ	±3.25	±4.50		V
Slew Rate	SR			10		V/μs
Gain-Bandwidth Product	GBW			7.5		MHz
POWER REQUIREMENTS						
Supply Voltage Range	V _{SUPP}	(Note 3)	±2.37		±5.50	V
Supply Current	I _C	For V+, V-		20	30	mA
Power-Supply Rejection Ratio	PSRR	V+ = 5V + 100mVp-p at 1kHz, V- = -5V		-30		dB

Note 1: Center frequencies (F_{0S}) below 100Hz are possible at reduced dynamic range.

Note 2: Assume no drift for external resistors.

Note 3: See Figure 9 for single-supply operation.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS – MAX275

(V+ = 5V, V- = -5V, test circuit A of Figure 1b, TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
FILTER CHARACTERISTICS						
Maximum Operating Frequency				10		MHz
Center-Frequency Range	F ₀	(Note 1)		100 to 300k		Hz
Center-Frequency Accuracy	F ₀		MAX275A	-0.9	0.9	%
			MAX275B	-1.4	1.4	
Q Accuracy – Unadjusted			MAX275A	-8	8	%
			MAX275B	-12	12	
Q Accuracy – Adjusted		Scaled for bandwidth compensation		±1		%
F ₀ Temperature Coefficient	ΔF ₀ /ΔT	(Note 2)		-24		ppm/°C
Q Temperature Coefficient	ΔQ/ΔT	(Note 2)		38		ppm/°C
Wideband Noise	V _{NOISE}	LPO ₋ , test circuit B of Figure 1b,	1Hz to 10Hz		6	μVRMS
			10Hz to 10kHz		42	
DC CHARACTERISTICS						
DC Lowpass Gain Accuracy	H _{OLP}	Assume ideal resistors	MAX275A	-1	1	%
			MAX275B	-2	2	
Offset Voltage at Outputs	V _{OS}	LPO ₋	MAX275A	-125	125	mV
			MAX275B	-250	250	
		BPO ₋	MAX275A	-50	50	
			MAX275B	-100	100	
Offset Voltage Drift	ΔV _{OS} /ΔT			20		μV/°C
Leakage Current at FC Pin	I _{FC}		-10		10	μA
DYNAMIC FILTER CHARACTERISTICS						
Signal-to-Noise plus Distortion	SINAD	F _{TEST} = 1kHz, test circuit B of Figure 1b,	LPO ₋ , V _{LPO} = 8Vp-p		-89	dB
		F _{TEST} = 10kHz, test circuit C of Figure 1b,			-83	

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued) – MAX275

(V+ = 5V, V- = -5V, test circuit A of Figure 1b, TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Swing	VOUT	LPO_, BPO_, RLOAD = 5kΩ	±3.25	±4.50		V
Internal Amplifier Slew Rate	SR			10		V/μs
Gain-Bandwidth Product	GBW			15		MHz
POWER REQUIREMENTS						
Supply Voltage Range	VSUPP	(Note 3)	±2.37		±5.50	V
Supply Current	IC	For V+, V-		10	24	mA
Power-Supply Rejection Ratio	PSRR	V+ = 5V + 100mVp-p at 1kHz, V- = -5V		-35		dB

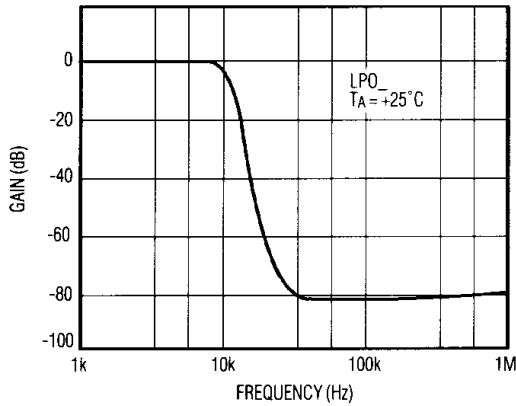
Note 1: Center frequencies (F0s) below 100Hz are possible at reduced dynamic range.

Note 2: Assume no drift for external resistors.

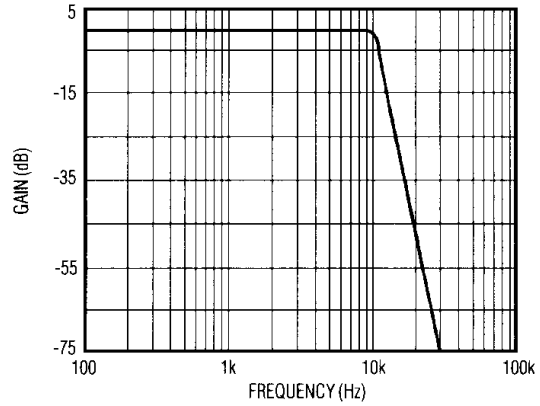
Note 3: See Figure 9 for single-supply operation.

標準動作特性 – MAX274

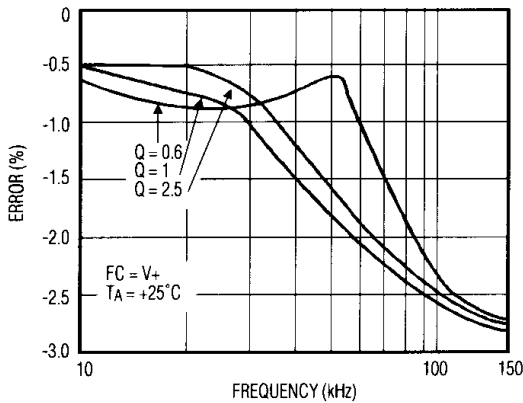
FILTER WIDEBAND RESPONSE USING TYPICAL OPERATING CIRCUIT



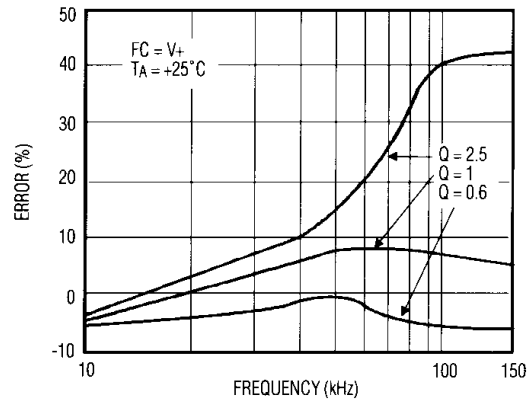
FILTER RESPONSE USING TYPICAL OPERATING CIRCUIT



F0 ERROR vs. FREQUENCY



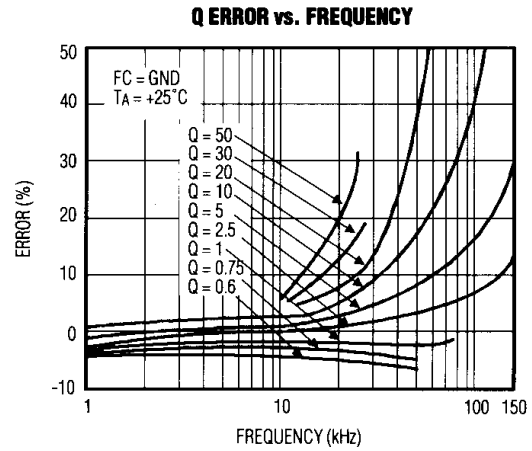
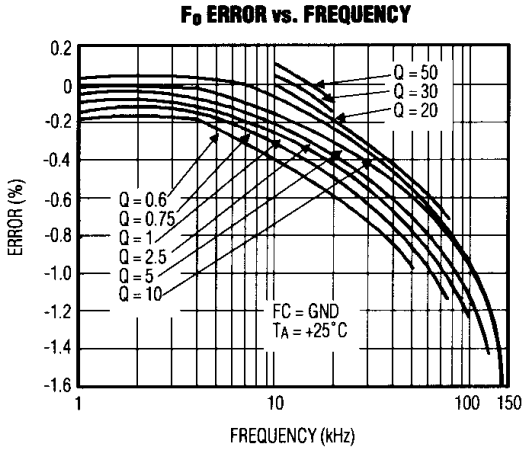
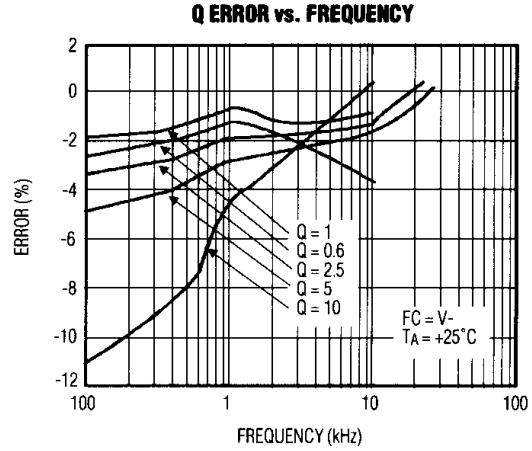
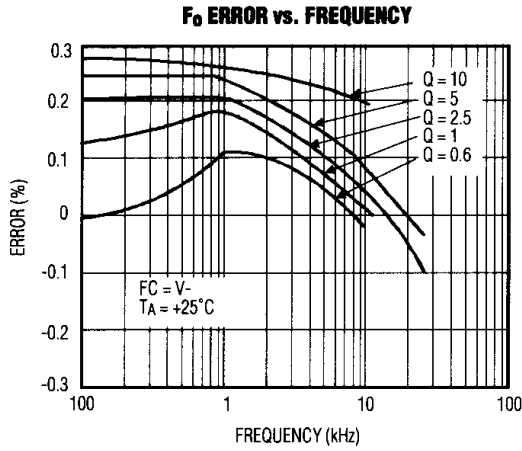
Q ERROR vs. FREQUENCY



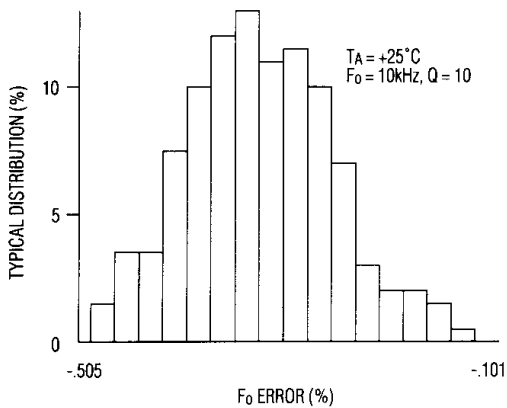
4/8次連続時間型アクティブフィルタ

標準動作特性—MAX274(続き)

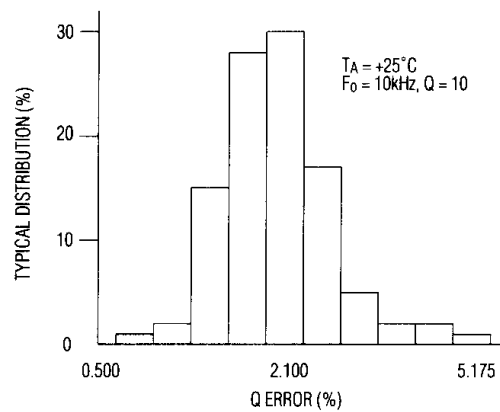
MAX274/MAX275/Software/EV Kit



TYPICAL DISTRIBUTION OF CENTER-FREQUENCY ERRORS



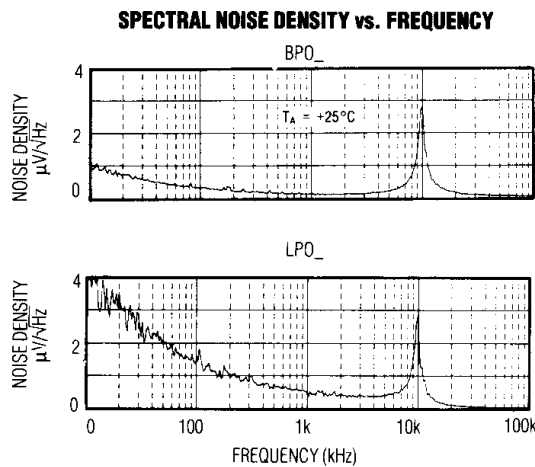
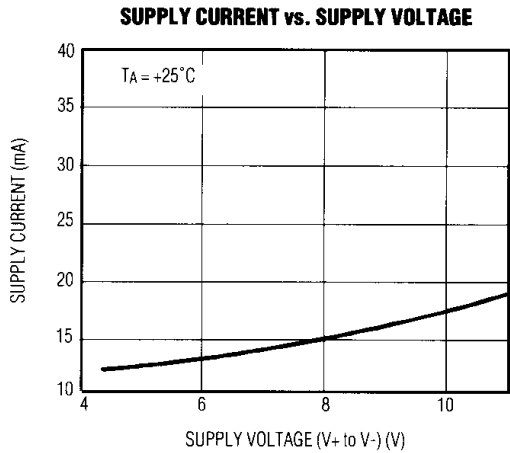
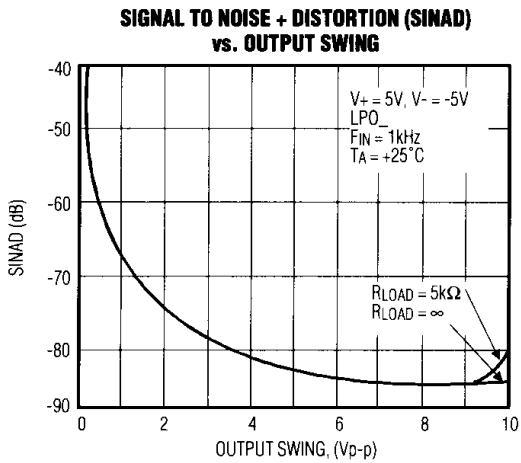
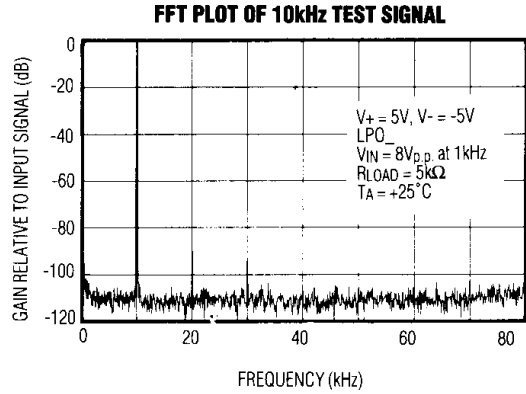
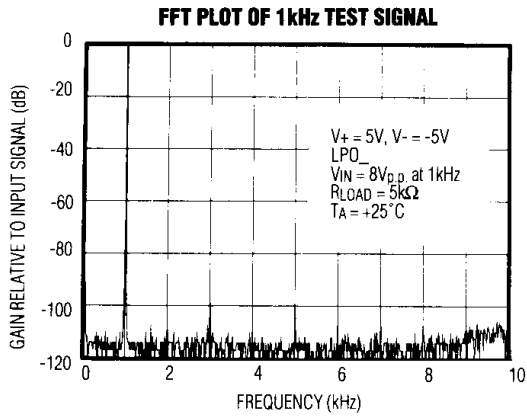
TYPICAL DISTRIBUTION OF Q ERRORS



4/8次連続時間型アクティブフィルタ

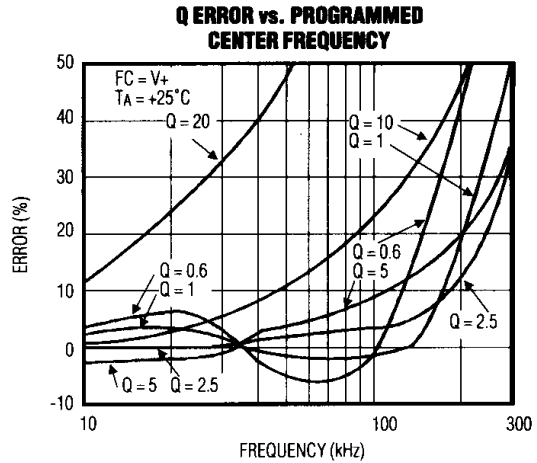
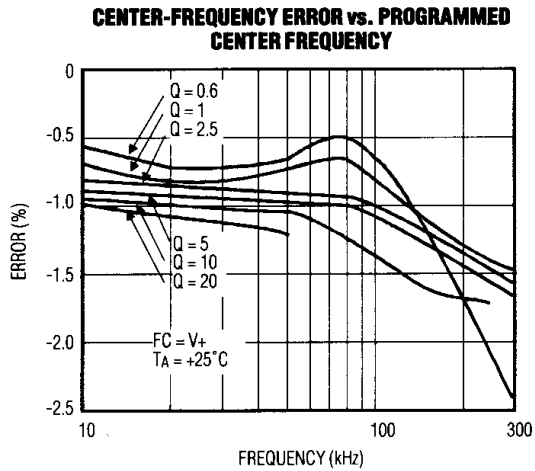
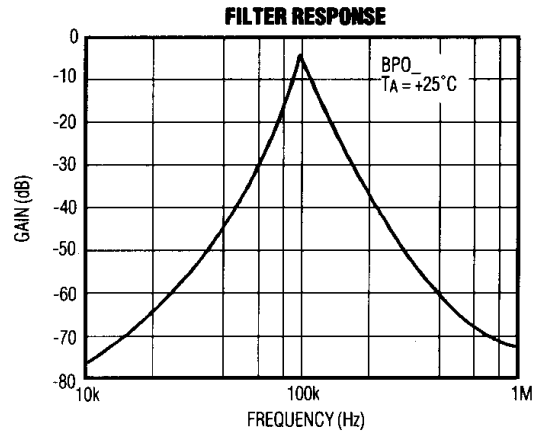
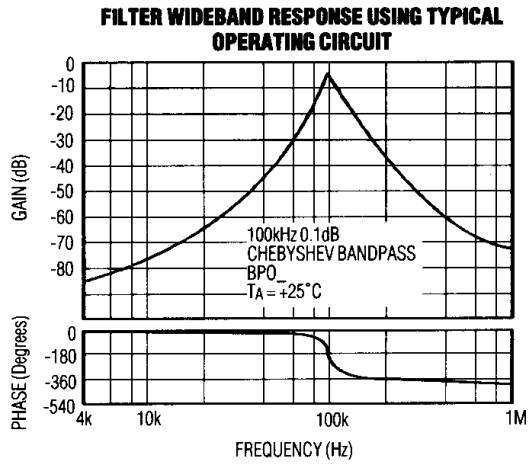
標準動作特性—MAX274(続き)

MAX274/MAX275/Software/EV Kit



4/8次連続時間型アクティブフィルタ

標準動作特性 - MAX275

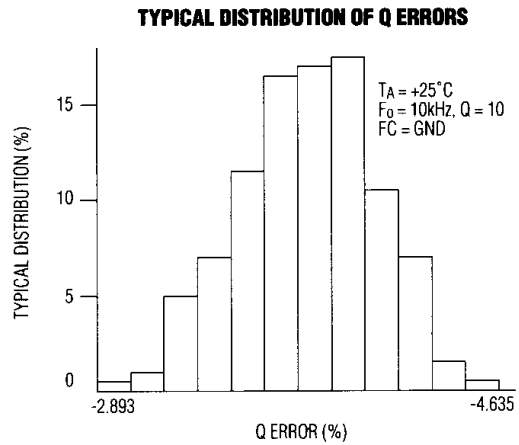
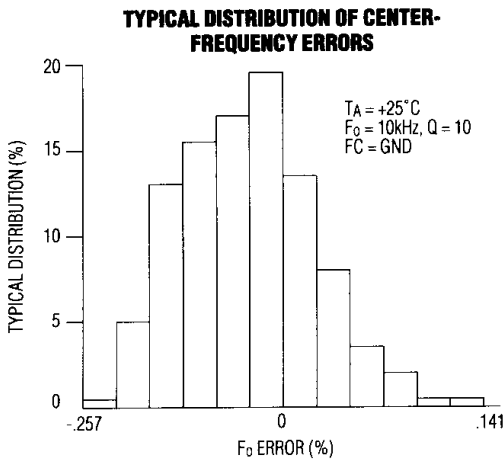
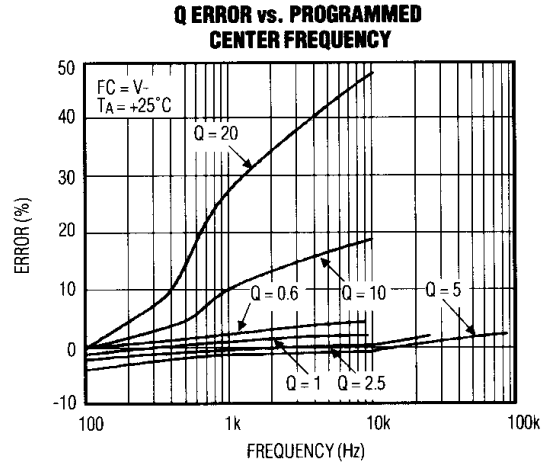
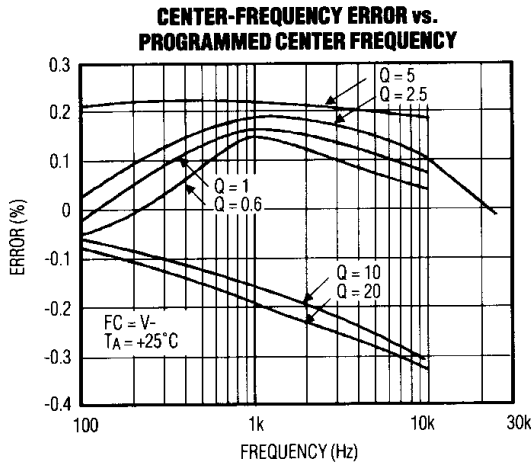
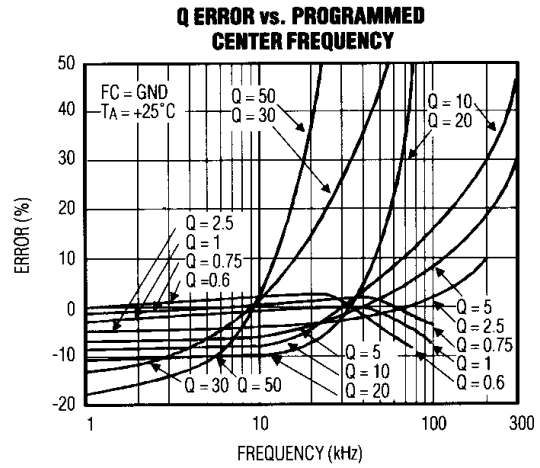
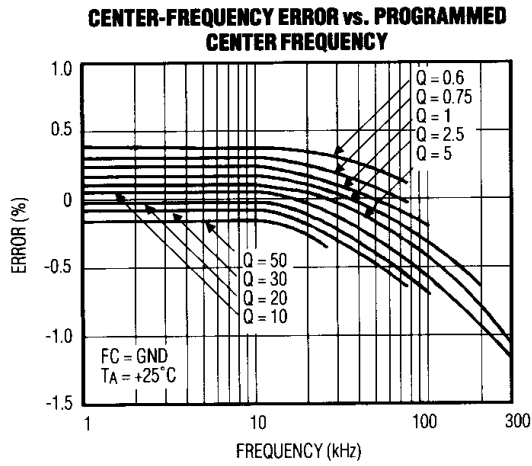


MAX274/MAX275/Software/EV Kit

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

標準動作特性—MAX275(続き)

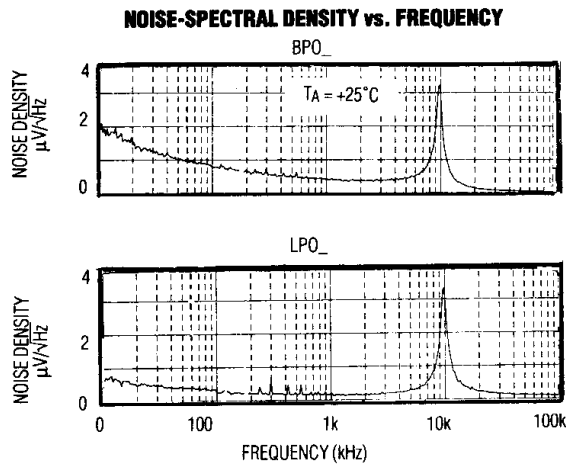
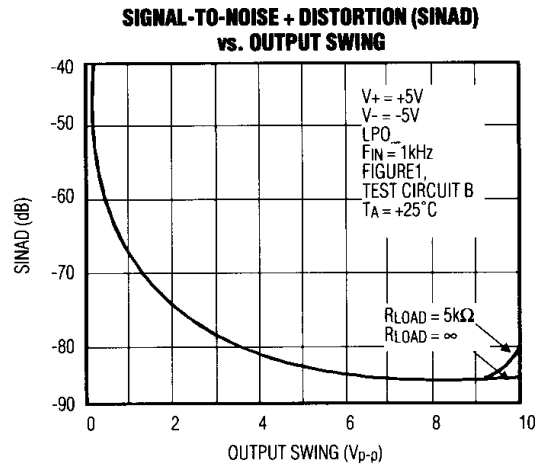
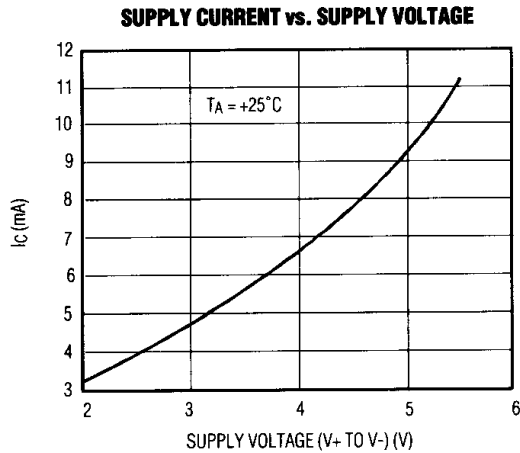
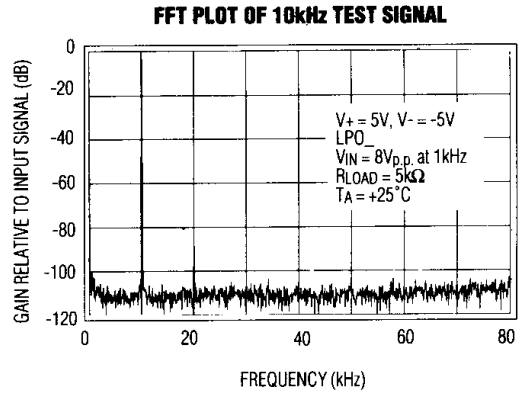
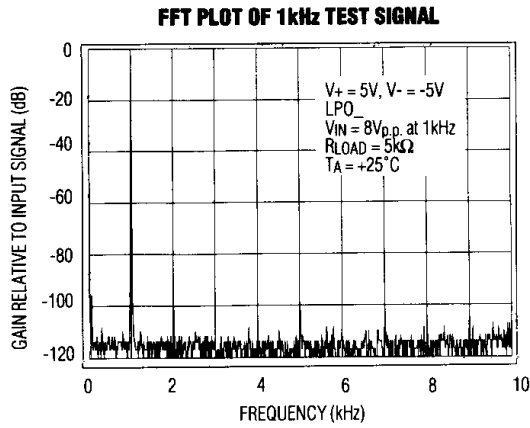
MAX274/MAX275/Software/EV Kit



4/8次連続時間型アクティブフィルタ

標準動作特性—MAX275(続き)

MAX274/MAX275/Software/EV Kit



4/8次連続時間型アクティブフィルタ

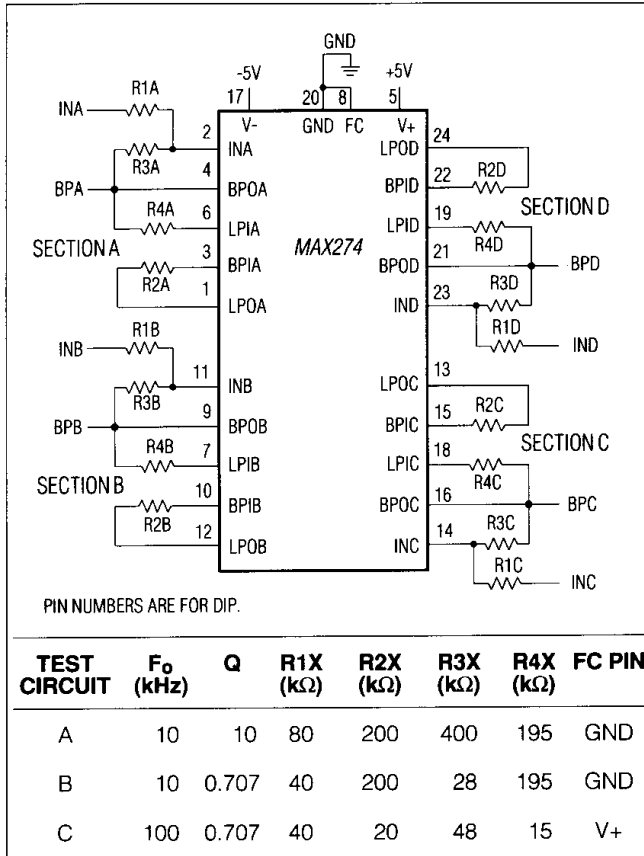


図1a. MAX274の接続図とテスト回路

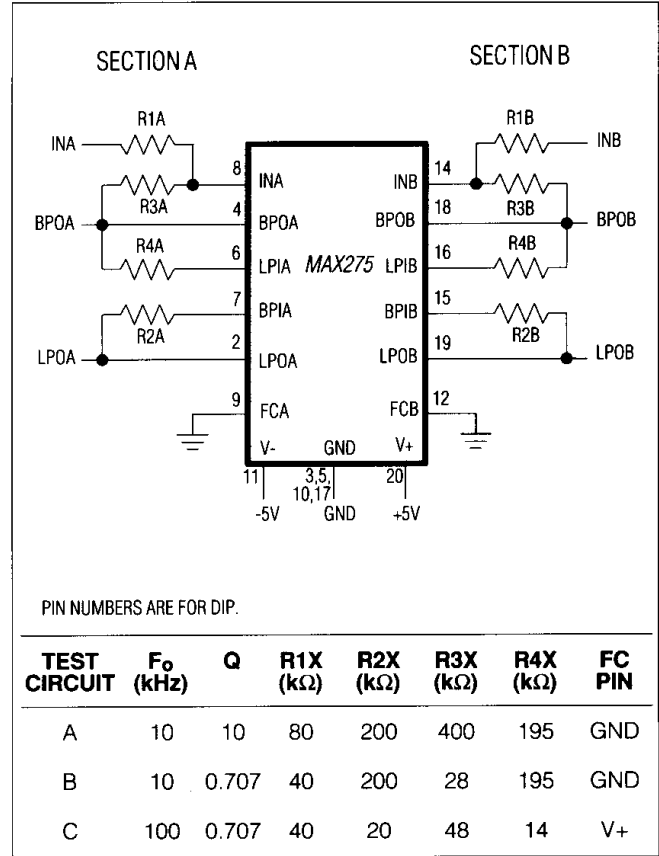


図1b. MAX275の接続図とテスト回路

詳細

MAX274は4個の、またMAX275は2個の独立した2次フィルタセクションから構成されています。図2に各フィルタセクション内に採用されている状態変数トポグラフィーを示します。この構造により、別々の出力において同時にローパス及びバンドパス機能を可能にします。

MAX274/MAX275は4つのアンプ設計を採用しており、寄生容量と高バンド幅に対して比較的鋭敏ではありません。内蔵のコンデンサとアンプ及び外部抵抗によってフィードバックされたカスケード積分器を形成し、同時にローパス、バンドパスフィルタ出力を得ることができます。バンド幅を最大にするために、ハイパス (HP) ノードはアクセス不可能です。5kΩの抵抗を最終段のアンプの入力に直列に接続することで、フィルタのポール精度を変化させる外部寄生容量から積分コンデンサを分離します。

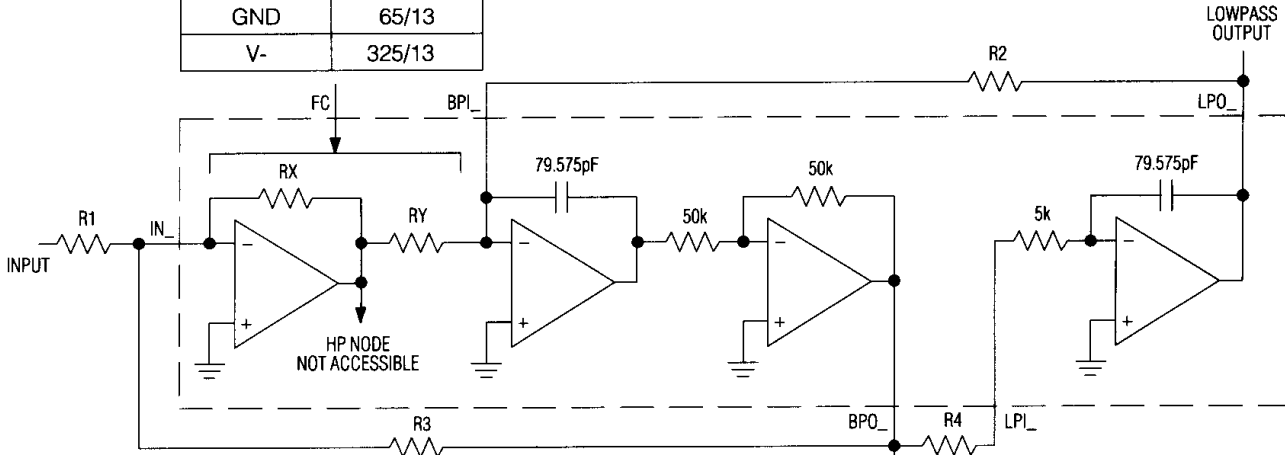
ノッチ出力ピンはありませんが、入力とバンドパス出力を加算することによってポール周波数でノッチを作ることが可能です。“ノッチ出力回路”の項を参照して下さい。

フィルタの設計手順

図3に、フィルタ設計の手順について全体的な流れを示しますが、マキシム社のフィルタ設計用ソフトウェアを是非ご利用下さい。このソフトウェアにより、所望のフィルタ特性に基づくフィルタの次数、ポール、Qを自動的に計算できるので、手計算は不要です。メニュー画面とスクリーン上で得られるフィルタレスポンスのグラフから、抵抗値の選択も含め、MAX274/MAX275でフィルタを形成するための完全な設計プロセスを得ることができます。“マキシム社のフィルタ設計ソフトウェア”の項を参照。

ソフトウェア無しで設計する場合、このデータシートの終わりに書かれているフィルタ設計用の文献を参照して下さい。この文献には所望のフィルタ応答特性から、次数、ポール、Qを得るために必要な数値表と式が載っています。一旦、これら3つのパラメータが計算されたら、次の項の“計算で求められたF₀/QペアのMAX274/MAX275ハードウェア (抵抗の選択) への変換”を参照して下さい。

CONNECT FC TO:	RY/RX* (kΩ)
V+	13/52
GND	65/13
V-	325/13



$$F_0 \text{ (Hz)} = \left(\sqrt{\frac{1}{(R2)(R4 + 5k\Omega)}} \right) (2 \times 10^9)$$

$$H_{BP} = \text{BP GAIN AT } F_0 = \frac{R3}{R1}$$

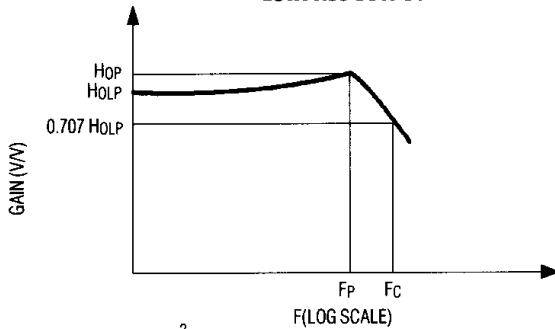
$$Q = \left(\sqrt{\frac{1}{(R2)(R4 + 5k\Omega)}} \right) (R3) \left(\frac{RY}{RX} \right)$$

$$H_{OLP} = \text{LP GAIN AT DC} = \left(\frac{R2}{R1} \right) \left(\frac{RX}{RY} \right)$$

BANDPASS OUTPUT
EQUATIONS DO NOT INCLUDE COMPENSATION FACTORS THAT CORRECT SMALL ERRORS IN F_0 AND Q DUE TO AMPLIFIER BANDWIDTH LIMITATIONS. SEE *TYPICAL OPERATING CHARACTERISTICS* FOR CORRECTION FACTORS.

* WHILE THE RATIO RY/RX IS ACCURATELY CONTROLLED, PROCESS VARIATIONS AND TEMPERATURE DRIFT RESULT IN UP TO $\pm 30\%$ VARIATION OF ACTUAL VALUES OF RX AND RY .

LOWPASS OUTPUT



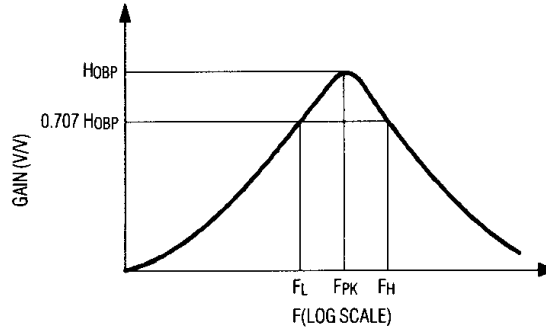
$$G(S) = H_{OLP} \frac{\omega_0^2}{S^2 + S(\omega_0/Q) + \omega_0^2}$$

H_{OLP} = LOWPASS OUTPUT GAIN AT DC
 $F_0 = \omega_0/2\pi$ = POLE FREQUENCY

$$F_C = (F_0) \sqrt{\left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right) + \sqrt{\left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right)^2 + 1}}$$

$$F_P = F_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}} \quad H_{BP} = (H_{OLP}) \frac{1}{Q \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}}$$

BANDPASS OUTPUT



$$G(S) = H_{BP} \frac{S(\omega_0/Q)}{S^2 + S(\omega_0/Q) + \omega_0^2}$$

H_{BP} = BP GAIN AT $\omega = \omega_0$

$F_0 = \omega_0/2\pi$ = THE CENTER FREQUENCY OF THE COMPLEX POLE PAIR. INPUT-OUTPUT PHASE SHIFT IS -180° AT F_0 .

F_{PK} = THE FREQUENCY AT WHICH BPO_{-} GAIN IS THE GREATEST (MAY NOT BE EQUAL TO F_0).

Q = THE QUALITY FACTOR OF THE COMPLEX POLE PAIR. ALSO THE RATIO OF F_0 , TO -3dB (0.707) BANDWIDTH OF THE SECOND-ORDER BANDPASS RESPONSE.

$$Q = \frac{F_{PK}}{F_H - F_L}$$

図2. シングル2次フィルタセクション

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

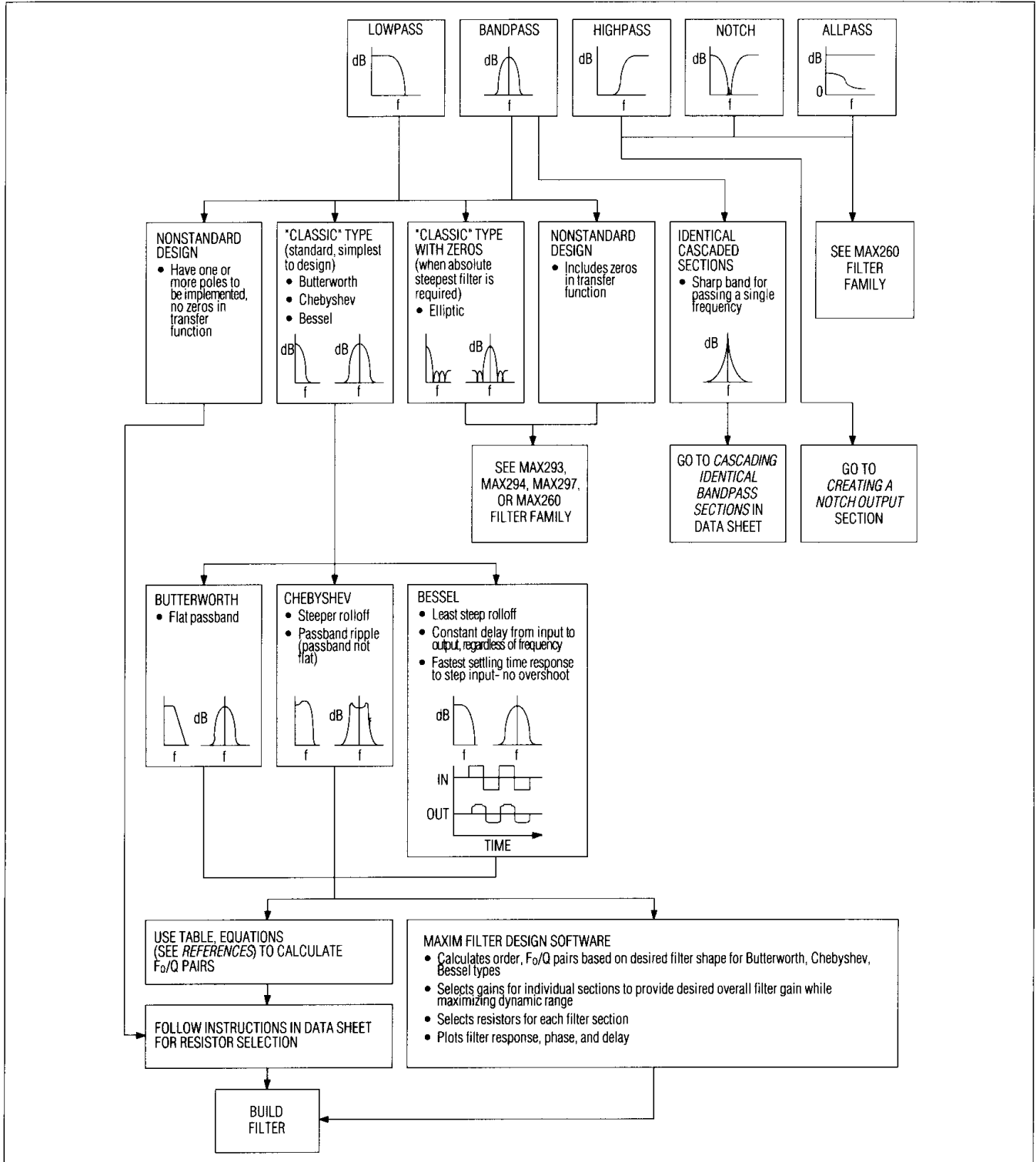


図3. 汎用フィルタ設計フローチャート

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

計算された F_0/Q ペアのMAX274/MAX275 ハードウェアへの変換 (抵抗の選択)

外部抵抗の選択を除き、図3に従ってフィルタの設計手順が完了したら次のステップを実行して下さい。

1. F_0/Q ペアのチェック

MAX274/MAX275には、 F_0/Q の取る値に制限があります。これは、有限のアンプのゲインバンド幅と負荷のドライブ能力(これが最高周波数 F_0 /最高 Q を制限する)及びアンプのノイズピックアップ、浮遊容量によって生ずるエラーに対する感応性(ポールの低い周波数での制限)によって決まります。図4を見て、各 F_0/Q ペアがグラフの実現可能な部分内にあることを確認して下さい。フィルタの Q が余りに高い場合、フィルタの次数を大きくし(すなわちフィルタ全体におけるポール数を増やす)、 Q を下げます。

また図4の制限の外側である、高い周波数 F_0 (最高400kHz)/高 Q も実現はできますが、理想からは遥かに離れているのでプロトタイプを作り抵抗値を調整してください。

F_0 を100Hz以下にするためには、“高抵抗値変換”の項を参照して下さい。

2. 各セクション(F_0/Q ペア)に対する抵抗値の計算

この項のステップAからステップDまでのグラフと式を使って抵抗値を計算して下さい。まず、グラフに従って必要な値を見積り、それから与えられた式を使って正確な値を求めて下さい。

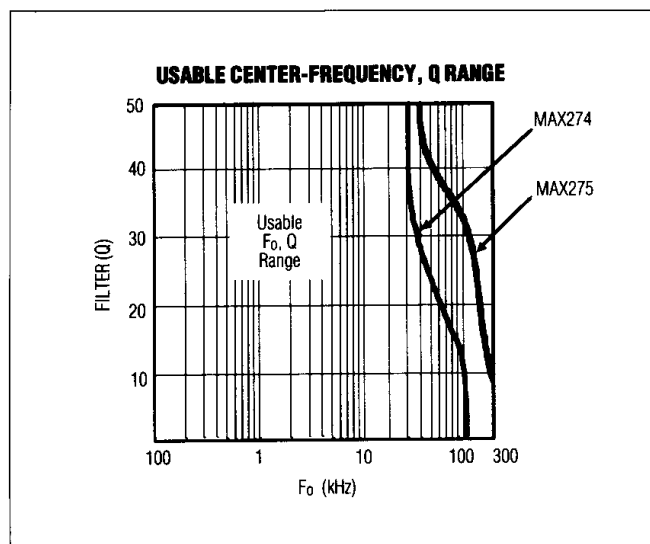


図4. 使用可能な F_0/Q の範囲。 F_0/Q ペアのハードウェアへの変換(抵抗の選択)を参照。

高い抵抗値では寄生容量によって抵抗がシャントされ、過度の F_0/Q エラーが生ずるので、抵抗値は4M Ω を超えないようにして下さい。またアンプの出力ドライブ能力が制限されることから、 R_2 と R_3 には5k Ω 以下の低い値は使用しないで下さい。高い値を使わざるを得ない場合(低周波部におけるように)、“高抵抗値変換”の項を参照して下さい。

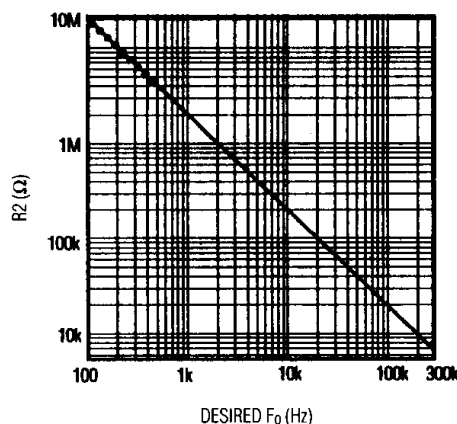
広範囲のゲインと Q の値を得るために、周波数制御端子(FC)は V_+ 、GND、あるいは V_- に接続し、そして R_3 と R_1 を決めます。各セクションごとに違ったFC接続が可能です。“FC端子接続”の項を参照。

抵抗値の計算ステップを以下に示します：

ステップA. R_2 の算出

$$R_2 = \frac{(2 \times 10^9)}{F_0}$$

RESISTOR R_2 vs. DESIRED CENTER FREQUENCY



... USE RESISTOR "T-NETWORK" TO REDUCE VALUE
(SEE HIGH-VALUE RESISTOR TRANSFORMATION SECTION)

抵抗 R_2 と R_4 によって中心周波数が設定されます。

ステップB. R_4 の算出

$$R_4 = R_2 - 5k\Omega$$

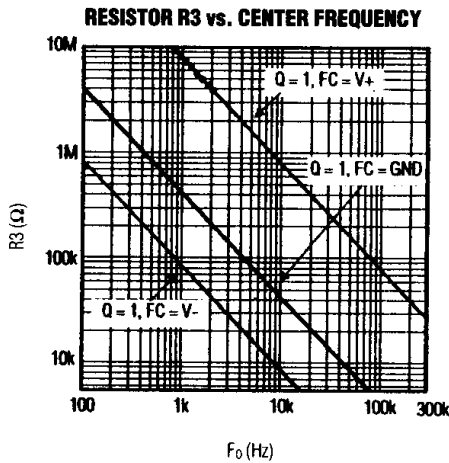
R_4 は内部の5k Ω の直列抵抗によりBPO負荷が制限されるので、5k Ω 以下になることもあります。

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

ステップC. R3の算出

R3によってセクションのQが決まります。グラフのR3の値はQ=1と仮定してプロットされています。R3はQに比例するので、グラフの値に所望のQの値を掛けます。

Qが与えられると、FCピンの設定によってR3には3つの選択があります。適当な抵抗値(5kΩ<R3<4MΩ)が得られるような設定を選んで下さい。もし無理な場合は、4MΩ以上の抵抗を使っても構いません。“T型”抵抗について説明してある“高抵抗値変換”の項を参照して下さい。



... USE RESISTOR "T-NETWORK" TO REDUCE VALUE
(SEE HIGH-VALUE RESISTOR TRANSFORMATION SECTION)

所望のQに対しR3をスケールします。

$$R3 = \frac{(Q) (2 \times 10^9)}{F_0} \times \left(\frac{RX}{RY} \right)$$

CONNECT FC TO:	RX/RY
V+	4/1
GND	1/5
V-	1/25

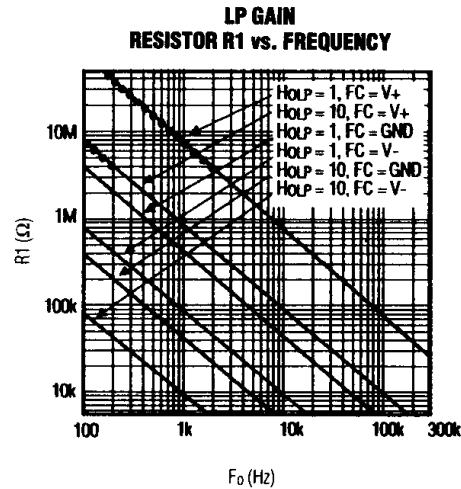
ステップD. R1の算出

R1によってゲインが決まります。各々のセクションのゲインがまだ算出されていない場合、“カスケード接続されたフィルタゲインの最適化とセクションの次数”の項を参照して下さい。

R1はLPゲインに反比例します。グラフはゲイン=1、10の場合のR1の値がプロットされています。所望のゲインに応じてR1を決めて下さい。

ローパスフィルタ:

ステップC(すなわち前の項の計算から)でFCピンの設定が選択されました。



... USE RESISTOR "T-NETWORK" TO REDUCE VALUE
(SEE HIGH-VALUE RESISTOR TRANSFORMATION SECTION)

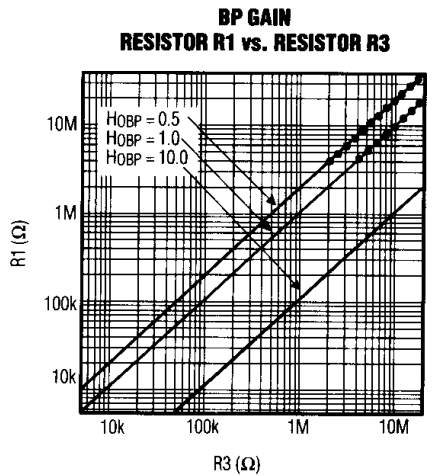
$$R1 = \frac{(2) (10^9)}{(F_0) (H_{0LP})} \times \left(\frac{RX}{RY} \right)$$

CONNECT FC TO:	RX/RY
V+	4/1
GND	1/5
V-	1/25

ここでH_{0LP}はDCでのLPゲイン。

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

バンドパスフィルタ：



●●● USE RESISTOR "T-NETWORK" TO REDUCE VALUE (SEE HIGH-VALUE RESISTOR TRANSFORMATION SECTION)

$$R1 = \frac{R3}{H_{OBP}}$$

ここで H_{OBP} は F_0 におけるBPのゲイン。

3. フィルタアンプのバンド幅エラーを補正するための抵抗値の再計算

“標準動作特性”のいくつかのグラフは、内部アンプのゲインロールオフによる、期待値と比べた F_0 と Q のずれを示しています。必要ならば $R1 \sim R4$ の値を再計算することによってこのずれを補正します。

4. フィルタのプロトタイプ製作

全てのフィルタ設計回路を作りテストします。このデータシートの“プロトタイププリント基板レイアウト”の項を参照して下さい。

高い精度が要求されるアプリケーション(例えば10以上の Q を含むフィルタセクションをもつもの)、あるいはグランドプレーンを使う場合には、最終段階でプロトタイプを調整して下さい。まずプロトタイプのフィルタを作り、それから必要とする精度が得られるまで各セクションの抵抗値を調整します。

高抵抗値変換

MAX274/MAX275フィルタ回路内に高抵抗値が使用されると(約 $4M\Omega$ 以上)、過度の F_0 、 Q エラーが生じます。等価フィードバック電流を保ちながら、このフィードバック経路のインピーダンスを小さくするためには、図5のように抵抗を“T型”接続して下さい。

100Hz 以下の F_0 はこのT型接続を用いて実現できます。このT接続によって低周波フィルタに必要な高抵抗の $R2$ 、 $R3$ 、 $R4$ に等価な回路が可能ですが、入力信号レベルを減衰させるため、ダイナミックレンジが低下します。(注)この高抵抗間の寄生容量によって高周波でのフィルタ応答特性が影響を受けます。最良の結果を得るためにはプロトタイプを作り、その特性を徹底的にチェックして下さい。

奇数ポール

奇数ポールを含むローパス設計の場合、最終フィルタセクションの後段にRCローパスフィルタを加えて下さい。RCの値は次の式で示されます。

$$RC = 1/2\pi F_0$$

ここで F_0 は要求のポール周波数です。必要に応じてRC回路をオペアンプでバッファして下さい。

殆どの場合はフィルタの次数を1だけ単に増やし、2次セクションを追加してこれを実行するのがよいでしょう。

FC端子接続

全てのアプリケーションにおいて、抵抗値が $5k\Omega$ 以下(高 F_0 、低 Q において)でない場合にはFC端子はグランドに接続し、 $5k\Omega$ 以下の場合には V_+ に接続して下さい。低 F_0 で高 Q の時は、FC端子を V_- に接続し、抵抗 $R1$ と $R3$ の値を $4M\Omega$ 以下に保ちます。

FC端子が V_+ または V_- に接続されているとき、 F_0 と Q のエラーは非常に高くなります(“標準動作特性”参照)。このエラーは素子間でのバラツキはないため、抵抗値を調整することでこれらのエラーを補正します。(注)FC端子が V_+ に接続されている場合、ノイズは3倍に増加します。

最も簡単なバンドパスのための等価セクションのカスケード接続

単一周波数または非常に狭い範囲の周波数を通過させるバンドパスフィルタを設計する場合、同じ F_0 と Q を持つ複数の2次セクションをカスケード接続します。フィルタの Q は個々のセクションの Q とカスケード接続されたセクション数の関数で次のように表わされます。

$$Q_t = \frac{Q}{\sqrt{2^N - 1}}$$

ここで Q_t はカスケード接続されたフィルタ全体の Q

Q ：各セクションの Q

N ：セクション数

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

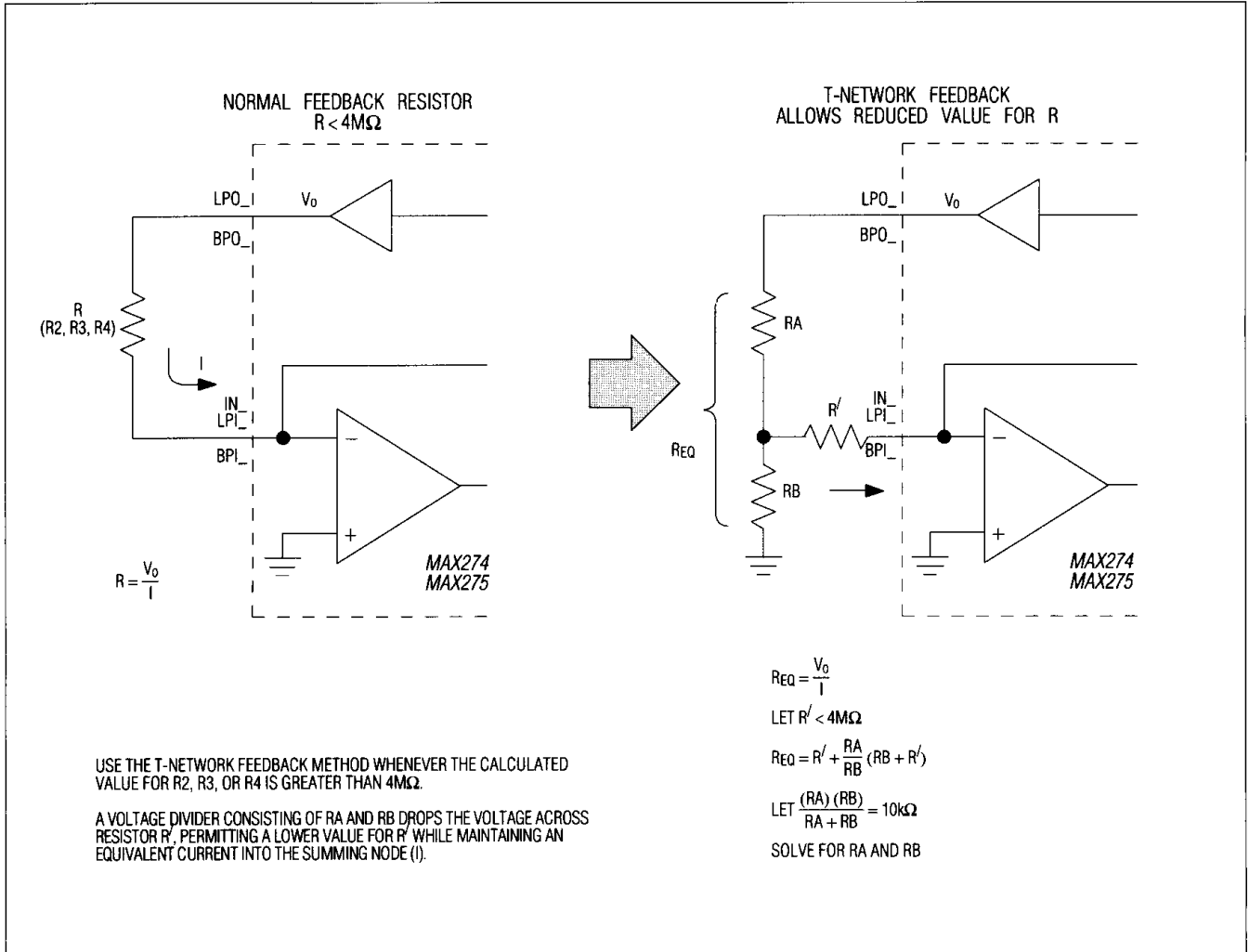


図5. T型接続による低抵抗の利用

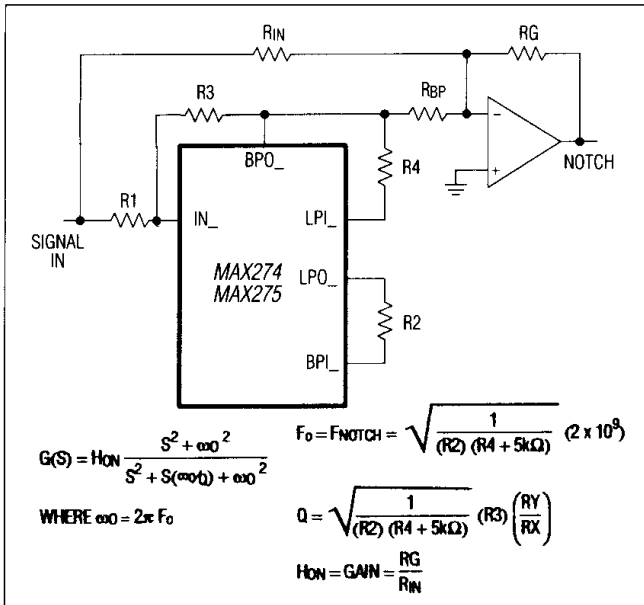


図6a. ノッチ出力回路

ノッチ出力回路

ノッチ(ゼロ)は外部オペアンプを使い、BPO_と入力信号を加算してつくることができます(図6a)。ノッチはポール周波数においてゼロを持ち、しかも2次セクションのポールとQ特性を持ちます(図6aに示される伝達関数)。H_{0BP}(F₀でのBPゲイン)はBPO_と加算された入力信号がポール周波数で精密にキャンセルされるようにユニティに正確に設定されなくてはなりません。従ってノッチの最大減衰度はR₁、R₃、R_{IN}、R_{BP}の精度の関数となります。

ノッチは特定周波数を除去するローパスフィルタのパスバンド内でヌルをつくるために使うことができます(“アプリケーション”の項参照)。

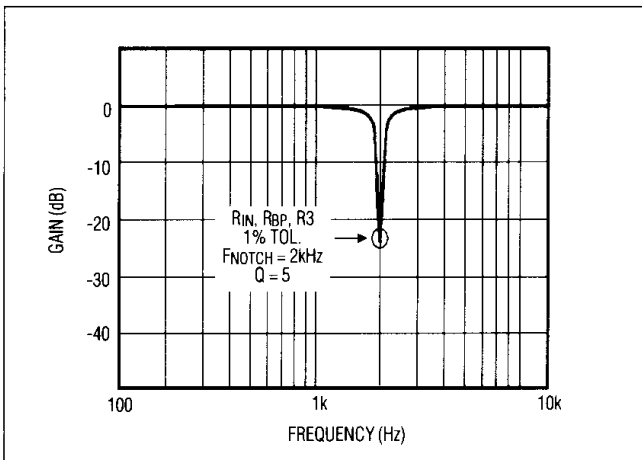


図6b. ノッチ応答特性

カスケード接続されたフィルタゲインの最適化とセクションの次数

フィルタ内の個々のセクションのゲインは、フィルタの入力から出力までのトータルゲインが正しい限り無限に設定できます。各ゲインがセクション間で等しく分割できないことがよくありますが、これは異なるF₀とQによって各セクションの異なる周波数上でゲインのピークと谷が作られるからです。

ゲイン設定の目的はフルスパンの入力信号が印加されている間、セクション出力が±3.25V(±5V電源の場合)の振幅制限を超えないようにすることです。一方、セクションのゲインが余りにも低く出力レンジが狭いときにはノイズ要因が増加します。セクション間のゲインの分配は、広範囲の周波数内でできるだけ、各セクションのスイングが±3.25Vに近づくように最適化します。

どのノードにおけるクリッピングによって出力に歪みが生ずるため、過電圧に対する未使用出力(BPO_、あるいはLPO_)と内部HPノードをチェックしてください。HPノードはプロービングできませんが(図2)、そのゲインはRX/R_Iです。R_Iに低抵抗を用い、FCピンをV₊に接続すれば(RXを64kΩに設定)、このノードをクリップさせてしまいます。

マキシム社のフィルタ設計用ソフトウェアを用いて、内部ノードを含む、各々の連続カスケード接続されたフィルタセクションの出力ゲインをプロットすることで、最適ゲインが得られます。ゲインはマニュアルで調整でき、最良のトータルダイナミックレンジを持たせるために各セクションを最適化できます。

このソフトウェアを使わずにゲインを最適化するには、最低のQから最大のQまでセクションに順番をつけることから始め、セクション間のゲインを等しく分割し、次のように設定します。

$$H_0 = A^{(1/N)}$$

ここでA : トータルのフィルタゲイン

H₀ : バンドパス設計のH_{0BP}(F₀でのゲイン)

H₀ : ローパス設計のH_{0LP}(DCでのゲイン)

N : トータルセクション数

この方法は最初のセクション(低Q)のゲインを低く保つことによって、高Qセクションでのクリッピング問題を解決します。そしてトータルダイナミックレンジを最大にするためにハードウェアでゲインを調整します。

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

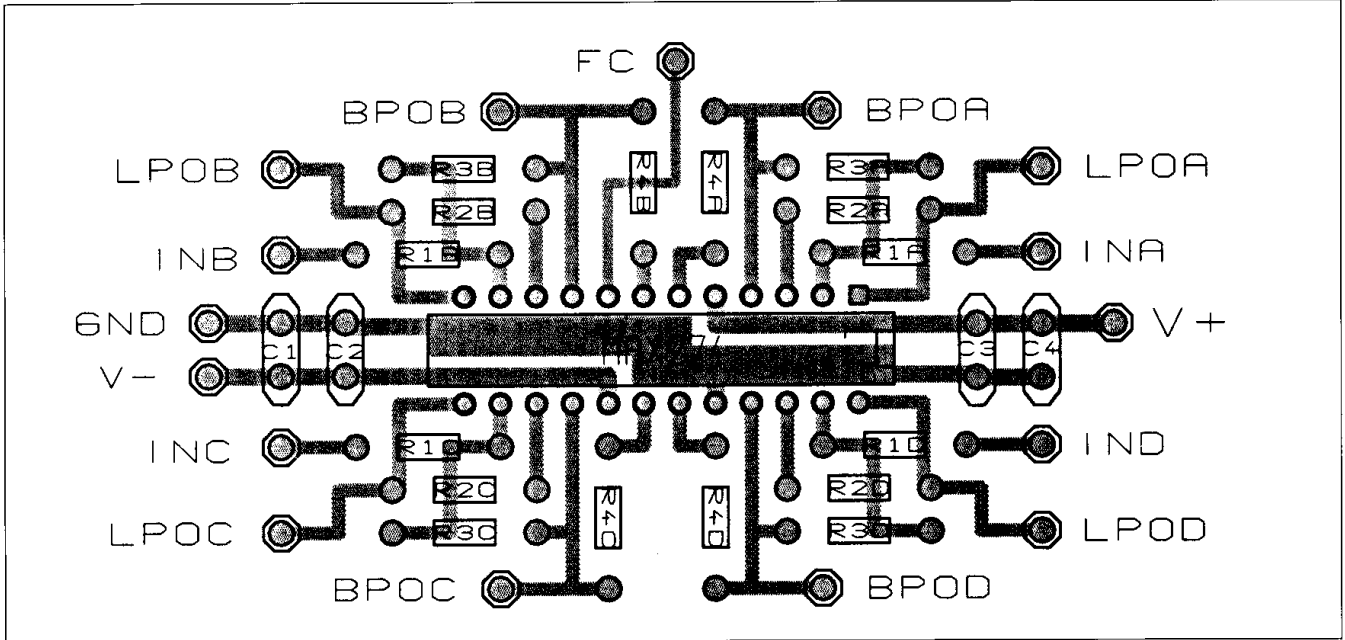


図7a. MAX274推奨プリント基板レイアウト (DIP)

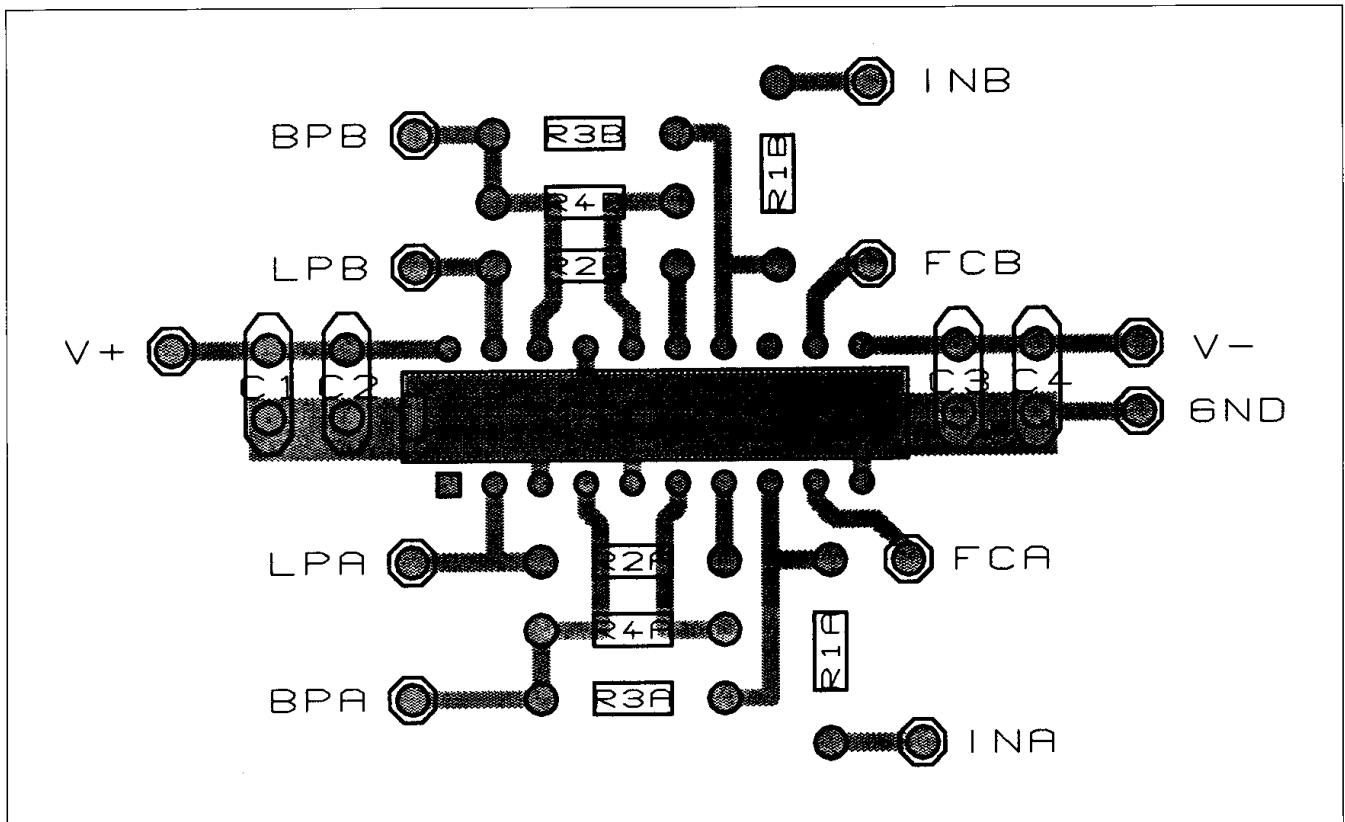


図7b. MAX275推奨プリント基板レイアウト (DIP)

抵抗

精度の問題は別として、抵抗を選択する上で最も重要なことは抵抗の寄生容量です。この容量は、標準的には1pF以下でなければなりません。高精度巻線抵抗は、不要なインダクタンスや、数pFの容量を持つので使用しないで下さい。容量によって高周波(特に高抵抗値を使った場合)で抵抗が低下し、フィードバックループ内に位相ズレを生じます。また抵抗はソケットに実装しないで下さい。抵抗に付加されるソケットの容量はしばしば数pFとなり、 F_0 とQのエラーを大きくしてしまいます。金属被膜抵抗の方がカーボンタイプよりノイズは小さくなります。

プロトタイプのプリント基板レイアウト

最高精度のフィルタを作るため、最終製品の回路にできるだけ近い形でレイアウトしたプロトタイプのフィルタ回路をプリント基板上に作ってください。グランドプレーンを量産品でレイアウトする場合、銅箔上でプロトタイプのフィルタを作ってください。またプロトタイプに、挿込みタイプの実験基板は端子間の容量が大きすぎるため、使用しないで下さい。回路試験のためにプリント基板が含まれているMAX274評価キットを使用すれば、より早くプロトタイプが作れます。

デバイスによるバラツキはありませんが、レイアウトの仕方によって起るエラーは、抵抗の配置、パターンの引回し、そしてグランドプレーンのレイアウトによるものです。最高精度を得るためには、図7aと図7bに示された推奨レイアウトを使ってください。また全てのパターン、特にLPI₋とBPI₋はできるだけ短くレイアウトして下さい。LPI₋とBPI₋は特にグランド間容量に敏感であり、Qにエラーを生じさせることがあります。グランドプレーンを置く場合、グランド間容量によって生ずるエラーをキャンセルするために抵抗値を変え、プロトタイプのフィルタを調整します。

また端子間の容量結合も防止してください。BPI₋とBPO₋間の結合によって F_0 にエラーが生じ、INとBPO₋間(R3)、BPI₋とLPO₋間(R2)、BPO₋とLPI₋間(R4)の抵抗間の容量によって F_0 とQにエラーが発生します。“タイト”(最短パターン)なレイアウトを行ない、これらのエラーを最小にして下さい。

F_0 とQの測定

次数の多いフィルタでは、 F_0 とQが正しいかどうかを確認するためにカスケード接続する前に各セクションを個別に測定して下さい。最良の結果を得るためにスペクトル・アナライザでBPO₋を測定します。 F_0 は入力とBPO₋が180°位相がずれている点における周波数です。またQは F_{PK} とBPO₋の-3dBバンド幅との比です(図2)。ここで F_{PK} はBPO₋のゲインが最大の点における周波数です(F_0 と同じではありません)。

フィルタの F_0 とQの精度

外部抵抗の精度に対する F_0 の感度は1:1です。例えばR2とR4に1%の精度をもつ抵抗を使うと、 F_0 には±1%のエラーが加わります(全温度範囲で保証されているMAX274/MAX275自身の±1%精度に加算されます)。Qのエラーは内部抵抗分圧回路(FC端子によって制御)の関数であり、R3も関係することからより大きな倍率となります。Qのエラーについての分布図(typ)を“標準動作特性”に示します。また抵抗の精度に関するQの付加エラーはR2、R3、R4の関数であり、使用されている抵抗によって計算されます。

DCオフセットの除去

図8a、8bにLPO₋に現われるDCオフセット電圧を除去する方法を示します。最初の方法は、BPI₋あるいはフィルタ入力のどちらかに、オフセット調整のための電圧を入力するやり方です。LPO₋のDCオフセットがゼロになるよう R_{TRIM} を調整します(図8a)。図8bは入力からRを通じてDCパスを作り、LPO₋出力をACカップリングし、DCオフセットを除去するローパスフィルタ用の調整不要な方法です。DC及び低周波領域では、出力はフィルタリング前の信号入力と同じですが(R間)、高周波領域ではCが導通し、出力はLPO₋の信号と同じになります。外部RCポールは、少なくともフィルタ全体の F_0 の1/10以下に設定して下さい。必要に応じて、低オフセットのアンプを使って出力信号をバッファします。バンドパスフィルタの場合、出力に接続した単純なRCハイパスフィルタとバッファアンプによってDCオフセットを除去します。

ノイズと歪

ノイズスペクトル密度は“標準動作特性”に示されています。ノイズ周波数分布はフィルタゲインと応答(より高いQセクションはポール周波数附近で、比例的により大きなノイズピークを持ちます)、及びアンプの1/fのノイズによって決まります。FCを V_+ に接続すると、GNDあるいは V_- に接続した場合よりもノイズは3倍大きくなります。従ってノイズに敏感なアプリケーションではこの接続は避けて下さい。“標準動作特性”のノイズ密度グラフから、正確なノイズレベルを求めるために任意のゲイン、Qに対してスケールリングできます。

MAX274/MAX275は、5kΩの負荷を、その歪は無視できるレベルで、電源電圧範囲の±500mV(typ)以内まで駆動できます。また出力は100pFまで駆動できますが、高い F_0 とQを持つフィルタでは位相シフトが起こります($F_0 = 100\text{kHz}$ 、 $Q = 10$ セクションで130pFをドライブする100kHzの場合で1°)。

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

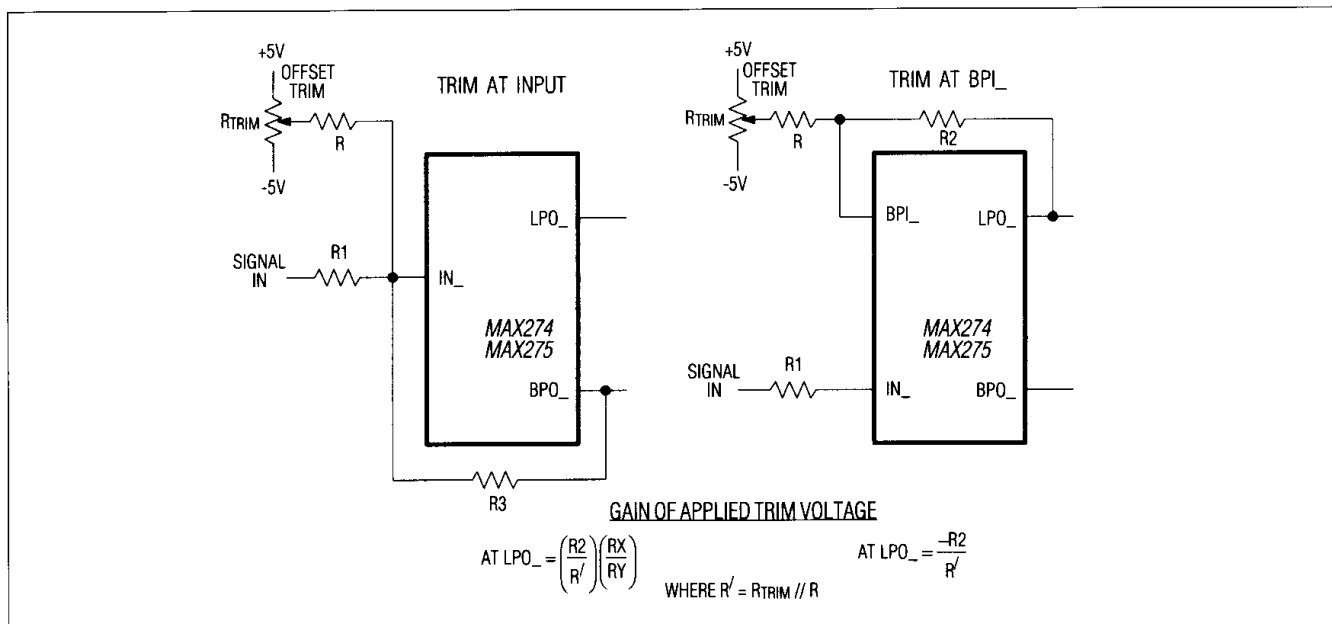


図8a. オフセット調整回路

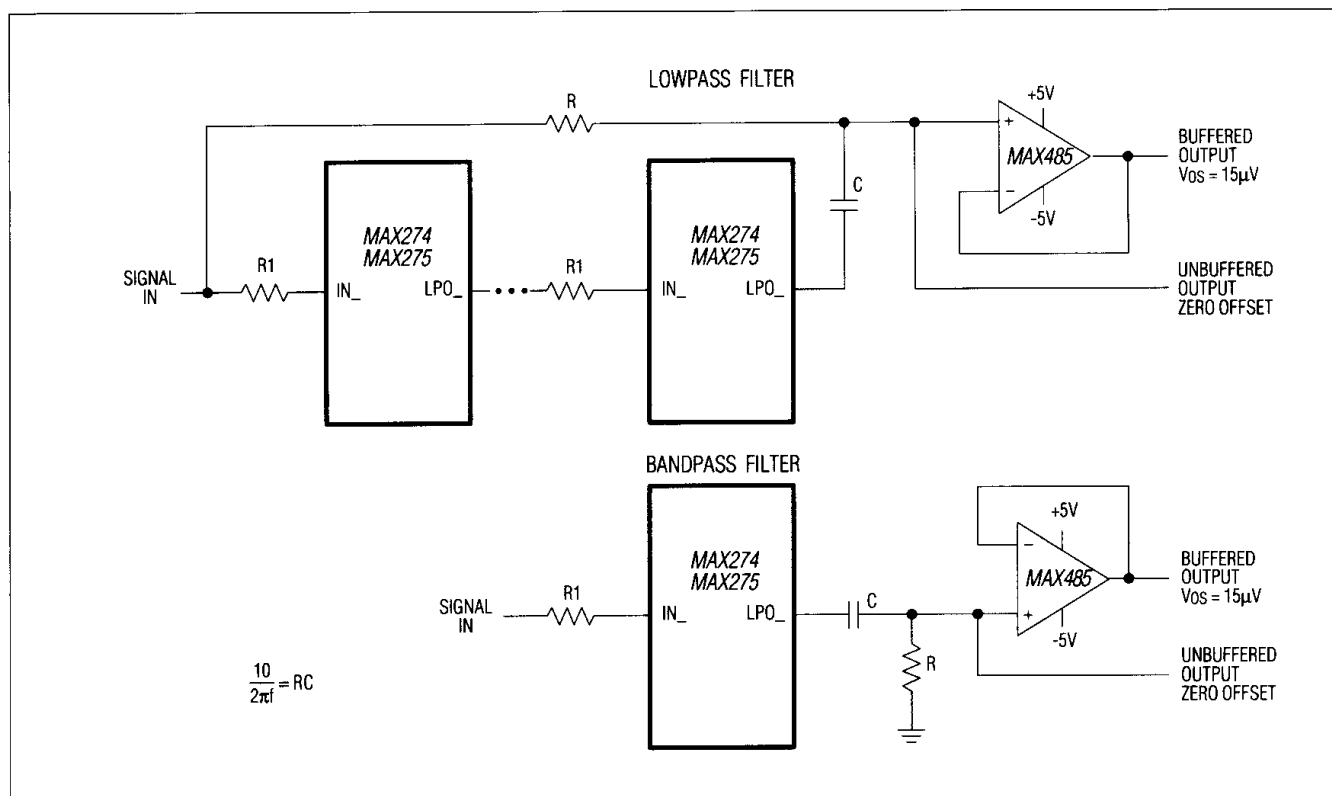


図8b. 調整不要オフセット除去回路

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

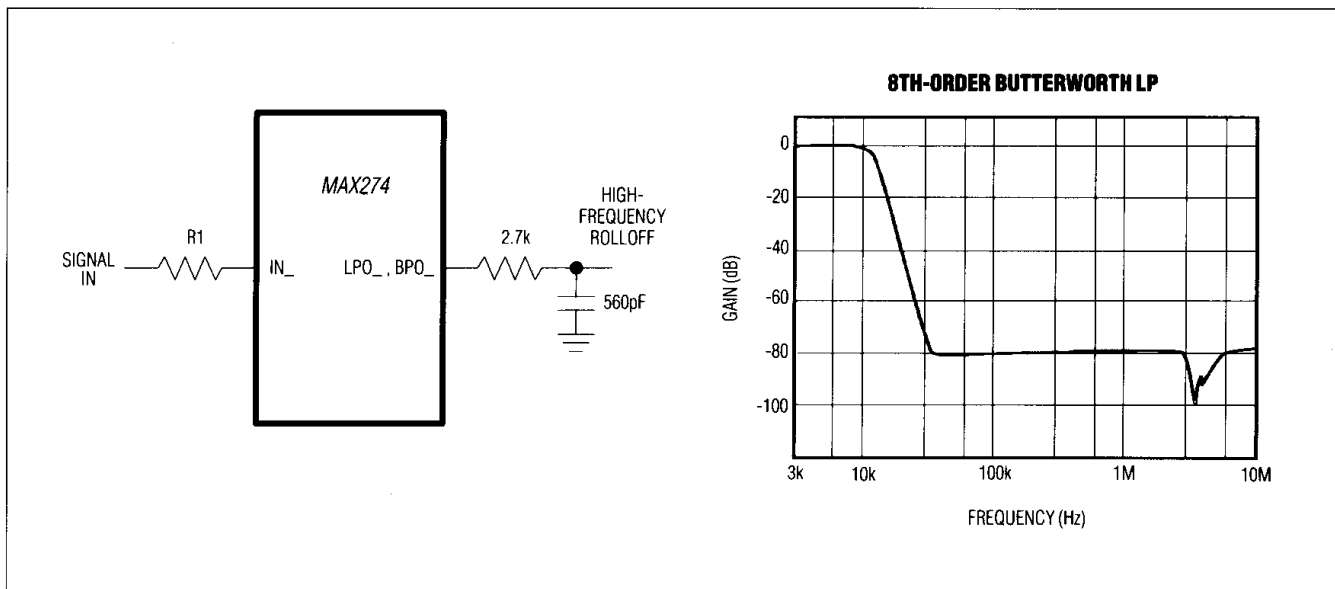


図10. 高周波ロールオフのための外部RCローパス回路

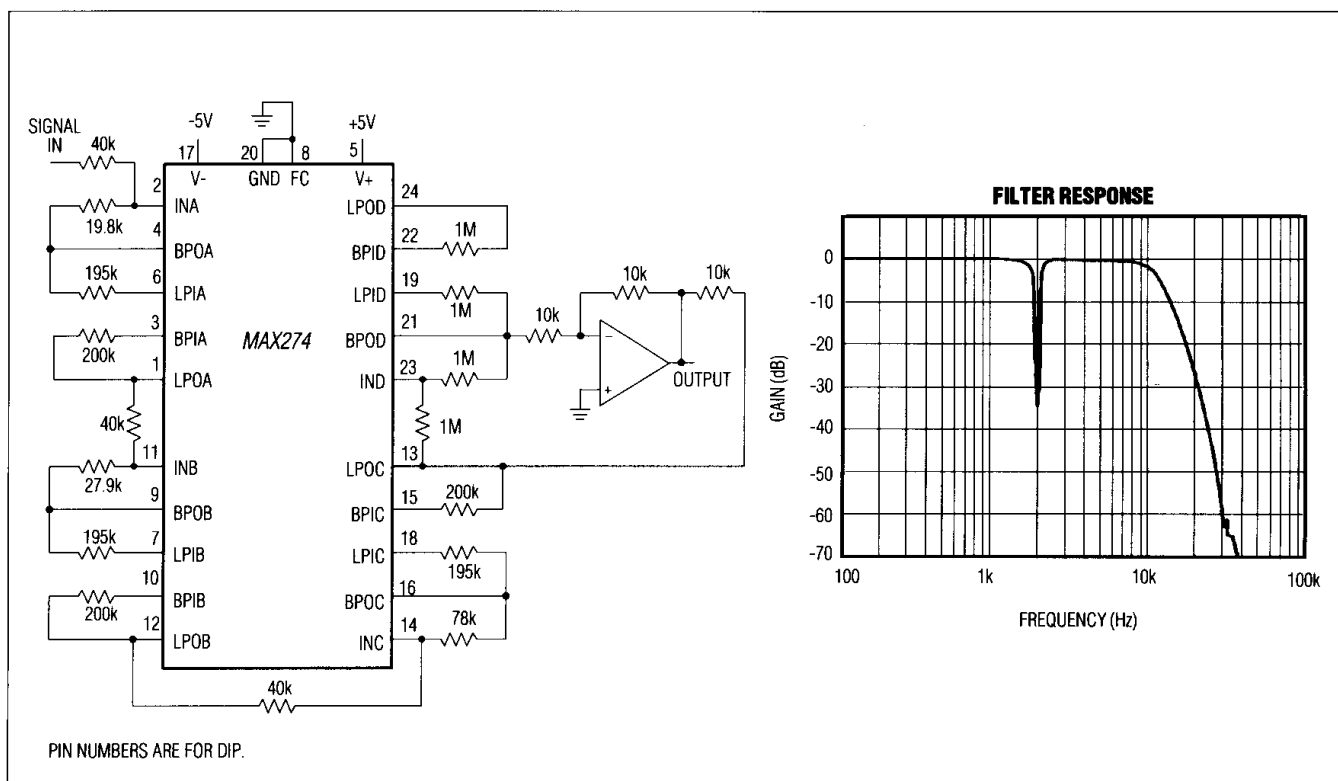


図11. 2kHzのノッチをもつ10kHz、6次バターズローパスフィルタ

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

アプリケーション(続き)

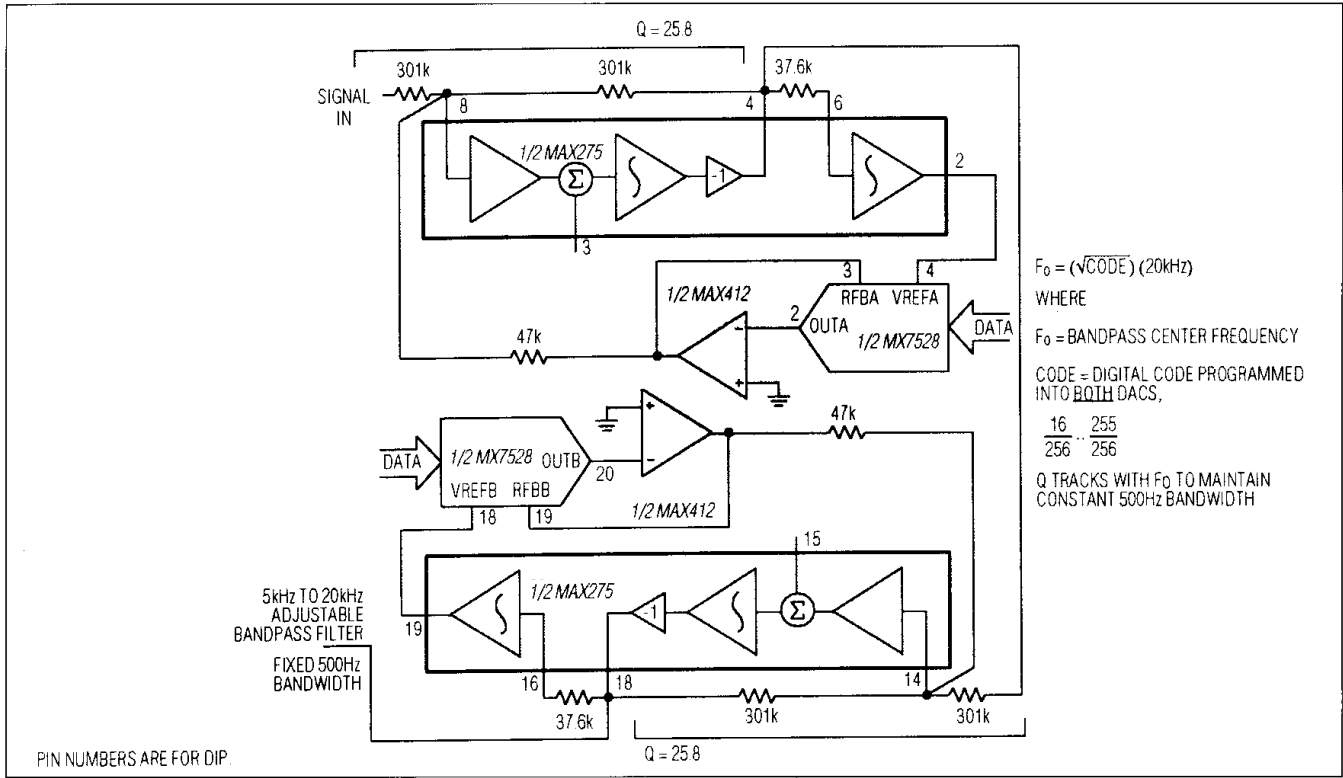
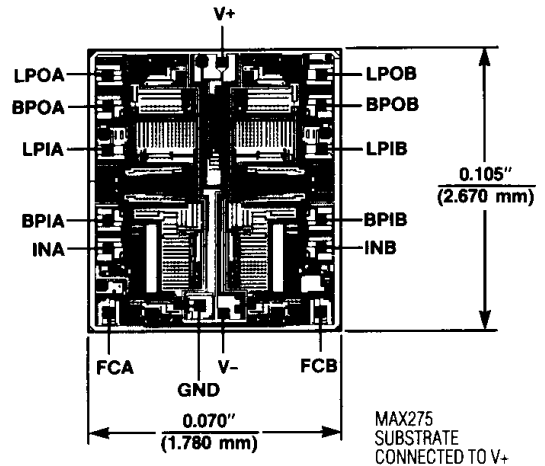
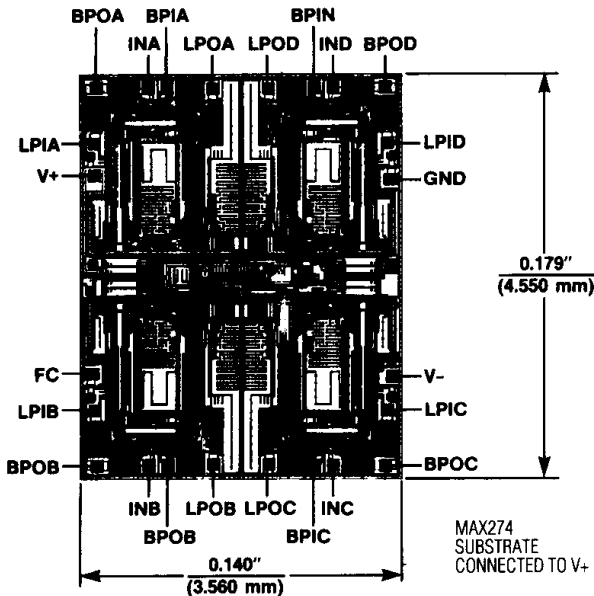


図12. プログラマブルバンドパスフィルタ (MAX275)

チップ構造図



4/8次連続時間型アクティブフィルタ

MAX274/MAX275/Software/EV Kit

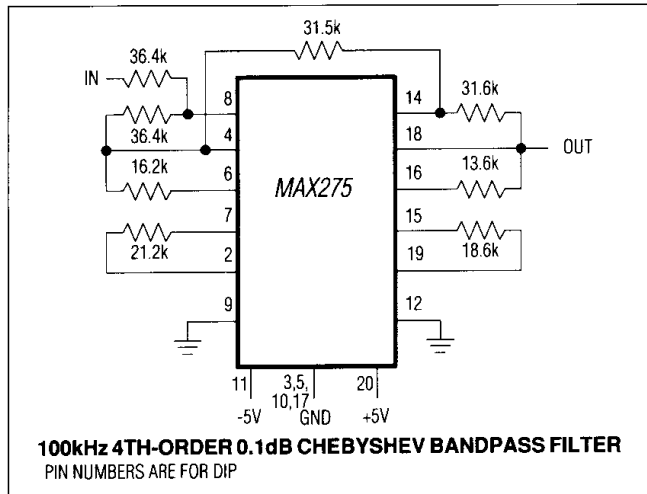
型番(続き)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX274AENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX274BENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX274AEWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX274BEWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX274AMRG	-55°C to +125°C	24 CERDIP**
MAX274BMRG	-55°C to +125°C	24 CERDIP**
MAX274EV KIT-DIP	0°C to +70°C	Plastic DIP - Through Hole
MAX274_SOFT	—	MAX274/MAX275 Design Software
MAX275ACPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX275BCPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX275ACWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX275BCWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX275BC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX275AEPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX275BEPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX275AEWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX275BEWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX275AMJP	-55°C to +125°C	20 CERDIP**
MAX275BMJP	-55°C to +125°C	20 CERDIP**
MAX274_SOFT	—	MAX274/MAX275 Design Software

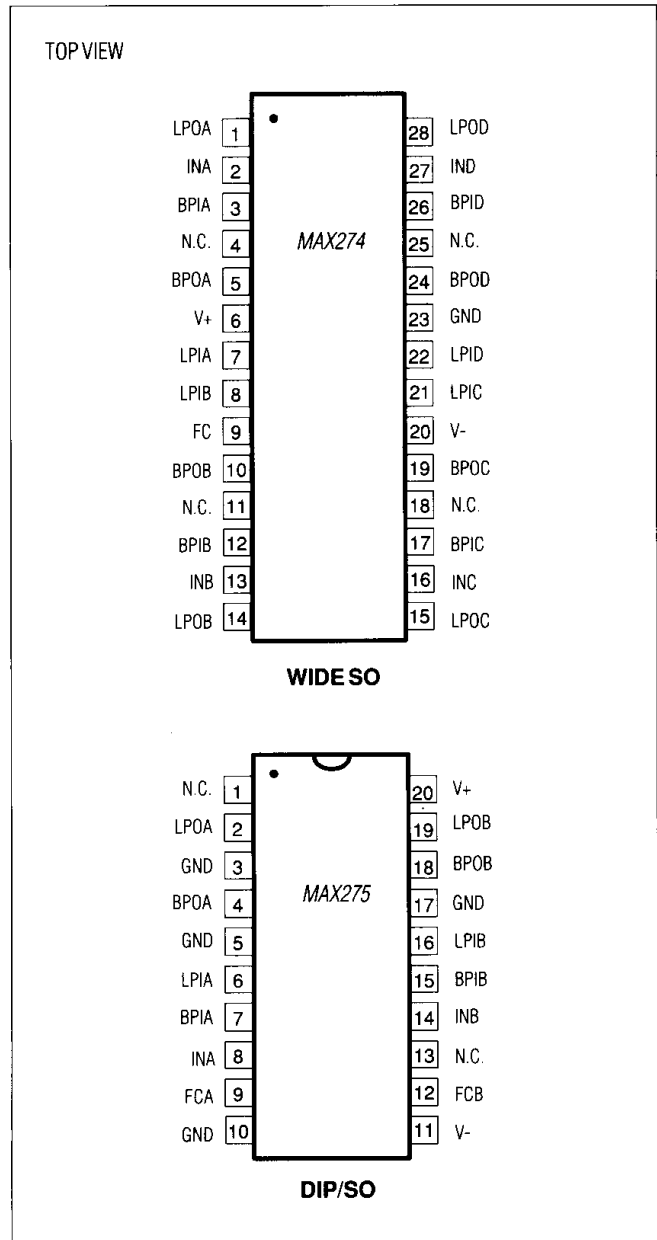
* Contact factory for dice specifications.

** Contact factory for availability and processing to MIL-STD-883.

標準動作回路(続き)



ピン配置(続き)



4/8次連続時間型アクティブフィルタ

電源

MAX274/MAX275は単一電源でも2電源でも動作します(図9)。V₊及びV₋端子は、4.7 μ Fの電解コンデンサ(タンタルコンデンサの方が良い)と0.1 μ Fのセラミックコンデンサを並列にして、デバイスの電源端子にできるだけ近いところでグランドへ適切にバイパスしてください。

単一電源動作の場合、グランドはV₊とV₋の中間電圧に接続し、信号が内部アンプの共通モードレンジ内に入るようにします。

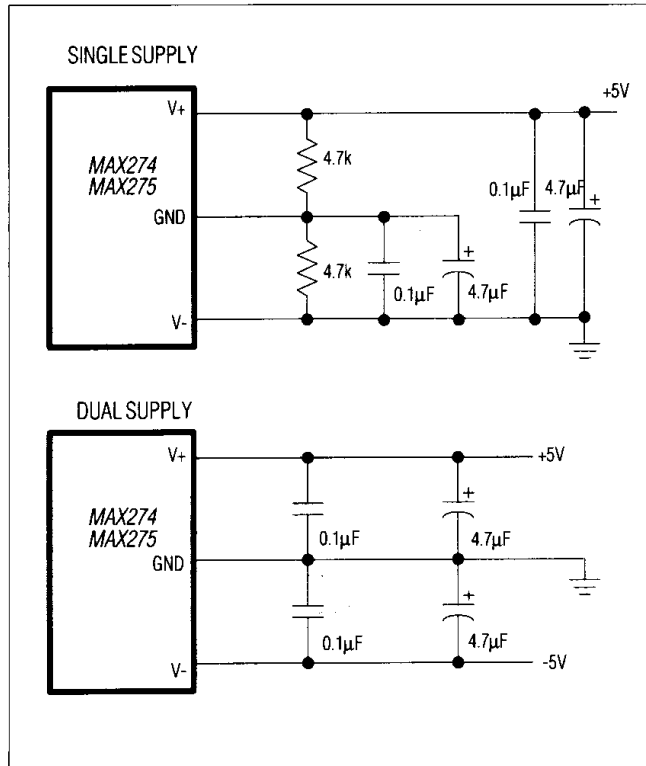


図9. 電源接続

マキシム社の フィルタ設計用ソフトウェア

マキシム社のフィルタ用ソフトウェアにより、MAX274/MAX275連続時間型ローパスフィルタまたはバンドパスフィルタの設計時間を短縮することができます。このソフトウェアは、クラシックタイプのフィルタ(バターワース、チェビシェフ、ベッセル)の次数、ポール、Q、また、所望のフィルタ応答を実現するために必要な抵抗値を計算することができます。

また、MAX274のプロトタイプとしては、PCボードが含まれたMAX274評価キットを推奨します。

特長

- ◆フィルタ設計に必要な、次数、ポール、Qの算出
- ◆フィルタ組立て前のフィルタ応答(ゲイン、位相、群遅延)をプロット
- ◆MAX274またはMAX275を使っての所望のフィルタ応答を得るのに使用される抵抗値の計算

型番

PART	DISK TYPE
MAX274SOFT	5¼" Floppy
MAX275SOFT	5¼" Floppy

In the USA and Canada, order directly from Maxim (1-800-998-8800).
In other countries, call your local Maxim representative.

ソフトウェア動作

注: 重要な変更に関しては、ファイル名 "README.DOC" をチェック

インストール

IBMコンパチのPC、バージョン2.0以上の5インチDOSフロッピーとディスクドライブ、及び、ヘラクレス・グラフィック、CGA、EGA、VGAあるいはこれとコンパチのディスプレイが必要です。また、ハードディスクドライブ、あるいは補助フロッピーディスクドライブのどちらかが必要です。

プログラムをインストールするには、ディスクドライブにフロッピーを入れ、"A: INSTALL" (またはB: INSTALL)と入力し、以下スクリーン上の指示に従って下さい。インストール後、"FILTER" と入力し、プログラムをスタートさせて下さい。ドライブ/ディレクトリーの位置が、ソフトウェアインストール用であることを確認して下さい。

ヘルプ

ソフトウェアをインストールした後、DOS上で、"TYPE FILTER.HLP>PRN" と入力することにより、ファイル名 "FILTER.HLP" のハードコピーを印刷して下さい。このヘルプ画面のコピーは、ソフトウェア動作のインストラクション・マニュアルとして使うことができます。これは、F1キーを押し、スクリーン上の指示に従うことによってソフトウェアを動作させながら印刷できます。

参考文献

フィルタ設計を行なう上で次の様な参考資料があります:

- Carson, Chen. Active Filter Design, Hayden, 1982.
- Tedeschi, Franck. Active Filter Cookbook, Tab Books No 1133, 1979.
- Hilburn, Johnson. Manual of Active Filter Design, McGraw Hill, 1973.
- German Langusge: U. Tietze; Ch. Schenk. Halbleiter-Schaltungstechnik Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York/Tokyo 1991.

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

評価キット概要

MAX274評価キット (EVキット)には、8次連続時間フィルタ MAX274、設計用ソフトウェア、またプロトタイプPCボードが含まれており、設計時間を短縮でき連続時間ローパス/バンドパス・フィルタが実現できます。マキシム社のフィルタ設計用ソフトウェアでは、フィルタ設計に必要な基本的な計算を始め、クラシックタイプのフィルタ (バタワース、チェビシェフ、ベッセル)の次数、ポール、Q、及び、所望のフィルタ応答を実現するために必要な抵抗値を計算することができます。そして、この抵抗をPCボードに実装し、MAX274に必要なセクション数だけカスケード接続して完全なフィルタを作ります。これにより試験の準備ができ、プロトタイプ作りにかかるコスト、時間を省くことができます。プロトタイプと量産品での結果が全く同じになるよう、量産品のPCボードのレイアウトは、このMAX274 PCボードのレイアウトと同じにしてください。

特長

- ◆ローパス/バンドパス・フィルタの設計と構築の実現
- ◆ポール周波数(F_0) : 100Hz~150kHz
- ◆バタワース、チェビシェフ、ベッセルの設計をサポート
- ◆設計用ソフトウェア付き：
 - ・フィルタ次数、ポール、Qを計算
 - ・フィルタ応答(ゲイン、位相、群遅延)のプロット(フィルタを作る前の検査用)
 - ・フィルタ作成に必要な抵抗値の計算
- ◆評価用のPCボード付き：
 - ・フィルタ作成を短時間で可能にするPCボード(適当な値の抵抗値をボード上に組込むだけ)
 - ・2×4次セクションをカスケード接続することにより、8次フィルタを構築、または、マルチプルフィルタ用に各セクションを別々に使用
 - ・+5V単一、またはデュアル±5V電源動作

評価キット

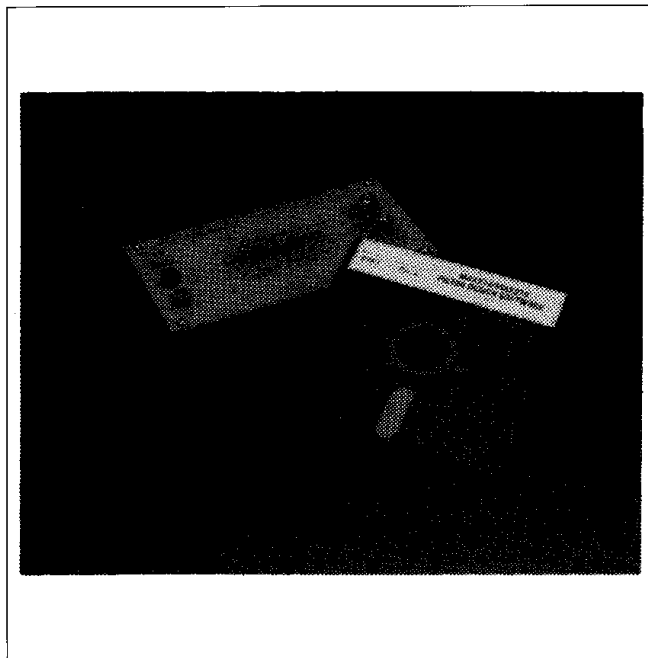


図1. MAX274評価キットには、フィルタ設計用ソフトウェア、PCボード、MAX274、詳しいドキュメントが含まれています。

型番

PART	TEMP. RANGE	BOARD TYPE
MAX274EVKIT	0°C to +70°C	Plastic DIP - Through Hole

部品リスト

QUANTITY	COMPONENT	SYMBOL
1	MAX274ACNG Filter IC	None
1	MAX274 Filter Circuit PC Board	None
2	BNC Screw-In Connectors	None
3	Banana Jacks	None
4	Standoffs, 4-40 Screws	None
2	10 μ F/16V Dipped Tantalum Capacitors	C1, C4 or CS1
2	0.1 μ F Ceramic Capacitors	C2, C3
1	Filter Design Software on 5 1/4" Floppy Disk	None

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

フィルタ設計用ソフトウェア

注：重要な変更に関しては、ファイル名“README.DOC”をチェック

インストール

IBMコンパチのPC、バージョン2.0以上の5インチDOSフロッピーとディスクドライブ、及び、ヘラクレス・グラフィック、CGA、EGA、VGAあるいはこれとコンパチのディスプレイが必要です。また、ハードディスクドライブ、あるいは補助フロッピーディスクドライブのどちらかが必要です。

プログラムをインストールするには、ディスクドライブにフロッピーを入れ、“A:INSTALL”（またはB:INSTALL）と入力し、以下スクリーン上の指示に従って下さい。インストール後、“FILTER”と入力し、プログラムをスタートさせて下さい。ドライブ/ディレクトリーの位置が、ソフトウェアインストール用であることを確認して下さい。

ヘルプ

ソフトウェアをインストールした後、DOS上で、“TYPE FILTER.HLP>PRN”と入力することにより、ファイル名“FILTER.HLP”のハードコピーを印刷して下さい。このヘルプ画面のコピーは、ソフトウェア動作のインストラクション・マニュアルとして使うことができます。これは、F1キーを押し、スクリーン上の指示に従うことによってソフトウェアを動作させながら印刷できます。

実装方法

- 図2に示すように、BNCコネクタ及びバナナジャックを実装します。V+、GND、V-ジャックから基板上にV+、GND、V-と示された端子に電線を接続します。MAX274のIC(又は、必要ならばICソケット)を図示されたように挿入します。
- フィルタ用フィードバック抵抗(R1A~R4A、R1B~R4B、R1C~R4C、R1D~R4D)を実装します。これらの抵抗の値は、構成するフィルタによって異なり、データシート又はマキシム社のフィルタ設計ソフトウェアを用いて求めることができます。RS1及びRS2を除く全ての抵抗は、カーボンまたは金属被膜タイプを用い、巻線タイプは使用しないでください。

T型ネットワーク(データシートの高抵抗値変換の項目を参照し、フィルタソフトウェアではR5_~R10_で示されています。)を用いる場合には以下の手順で行ってください。

PCボード上のグラウンドトレースから緑の半田レジストを剥離する(図2)。PCボードの裏面にて、T型ネットワークのグラウンドをジャンパー線を用いてPCボード上のグラウンドトレースに接続することによって(図3)、通常の各抵抗接続を3個のT型抵抗ネットワークに置き換えます。

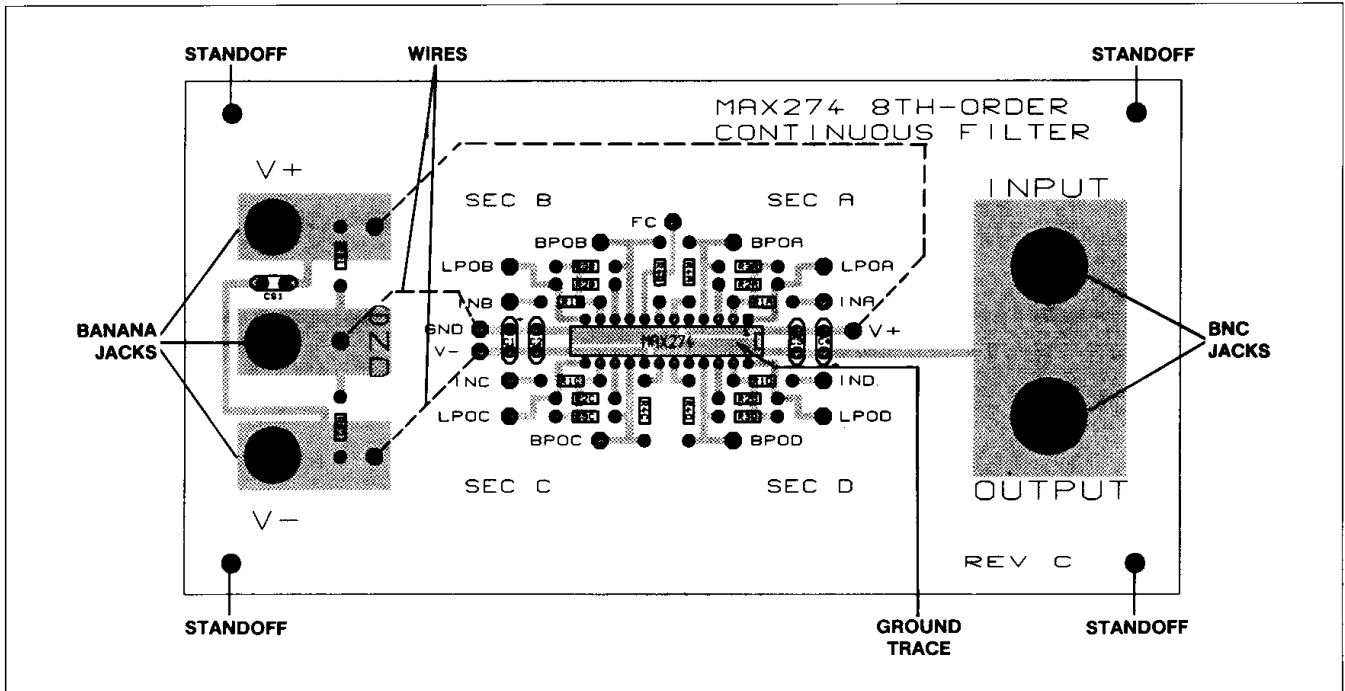


図2. MAX274評価キットの部品配置図

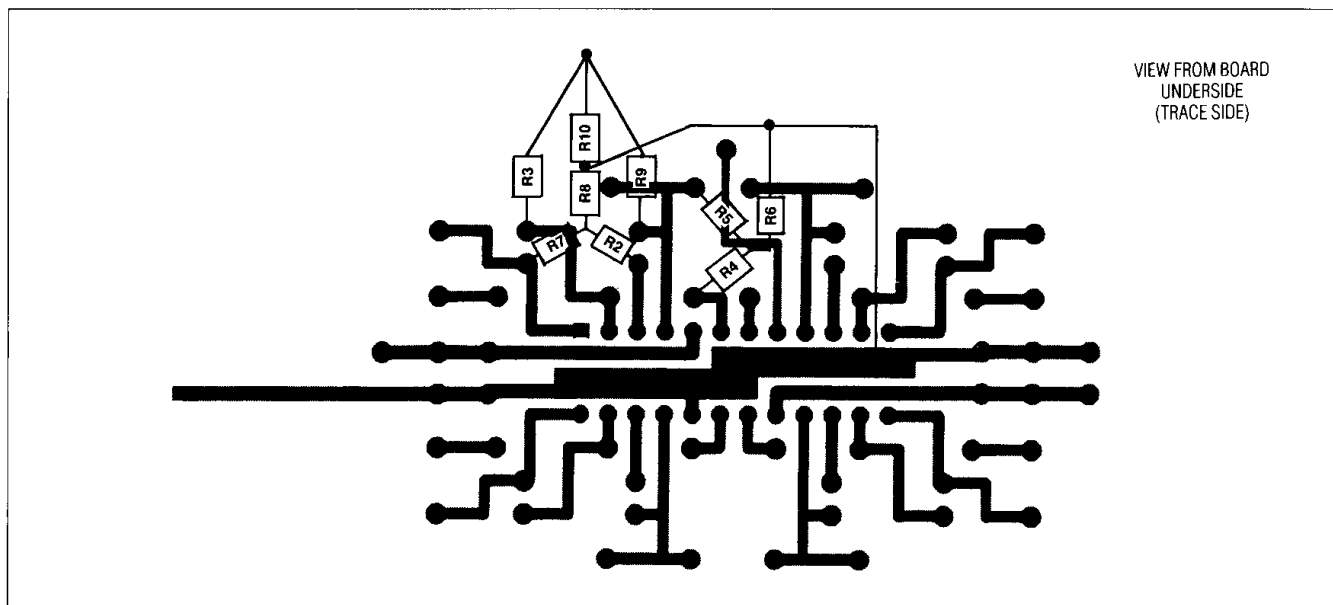


図3. T型ネットワークを用いたPCボードの配線

推奨抵抗メーカー

許容値	タイプ	メーカー
1%, 0.1%, Others 5-100ppm/°C	Metal Film PTF Series	Dale 402-371-0800 FAX: 402-644-4206
1%, 0.1%	Surface Mount RN73H2B RN73E2B	KOA Speer 814-362-5536 FAX: 814-362-8883
1%, 0.1% to 2ppm/°C	PR, RL Series	Precision Resistive Products 319-394-9131 FAX: 319-394-9280

3. 電源を投入する前に、必ずICを実装してください。+5V又は+10Vの単一電源動作の場合には、RS1及びRS2(両方とも4.7kΩ)を実装する。C1、C2、CS1を実装し、C3、C4を削除する。正の電源をV+に、電源グランドをV-に加えます。GNDには何も接続しないでください。デュアル電源動作(±5V)では、RS1及びRS2は削除し、電源の正、負、グランドをそれぞれ、V+、V-、GND端子に印加します。

4. 各セクションを直列(カスケード)接続する前に、各フィルタセクション(A、B、C、D)でのF₀/Q精度を確認するために、周波数応答テストを実施して下さい。高精度の測定結果を要求する場合には、スペクトロアナライザを用いて周波数応答を測定します。F₀とQの測定方法については、データシートの“F₀とQの測定”の項目を参照してください。これらの測定方法は、ローパスおよびバンドパス設計で活用できます。

フィルタセクションAでのF₀とQを測定するには、テス

トスイープ信号をINAに印加し、BPOAを測定します。F₀は、INAとBPOAでの位相差が180°の点の周波数です。Qは次式によって求められます。

$$Q = \text{FPK} / -3\text{dBバンド幅}$$

ここで、FPKはBPOAでのゲインが最大になる周波数で(F₀と異なります)、-3dBバンド幅はBPOAのピークゲインから3dB減衰するような2つの周波数の差を示します。このような測定をB、C、Dについて実施します。詳細については、データシートの図2“バンドパス出力”を参照して下さい。

単一電源でフィルタを動作させる場合には、フィルタに印加される信号は、内部アンプのコモンモード範囲に適合するように、V+とV-間で“中心化”してください。

5. 所望のフィルタ応答を構成するために、フィルタセクションをカスケード(素子を複数直列に)接続します。例えば、8次のバンドパスフィルタを構成するには、BPOAとINB、BPOBとINC、BPOCとIND間にジャンパー線を挿入します。入力信号をINAに印加し、フィルタ出力はOUTDから得られます。もし必要ならば、INPUT及びOUTPUTのBNCコネクタを、カスケードされたフィルタの入出力にジャンパー線を用いて接続します。ローパスフィルタの場合には、出力にLPOを用いて各セクションをカスケードします。低次のフィルタでは、使用しないセクションを削除し、8次以上の高次フィルタを構成する場合にはMAX274のPCボードを必要とするセクション数だけオーダして下さい。

4/8次連続時間型アクティブフィルタ

MAX274/MAX275/Software/EV Kit



マキシム・ジャパン株式会社 〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-4 大崎ニューシティ 4号館 20F TEL: 03-6893-6600

Maximは完全にMaxim製品に組み込まれた回路以外の回路の使用について一切責任を負いかねます。回路特許ライセンスは明言されていません。Maximは随時予告なく回路及び仕様を変更する権利を留保します。「Electrical Characteristics (電気的特性)」の表に示すパラメータ値(min、maxの各制限値)は、このデータシートの他の場所で引用している値より優先されます。

28 **Maxim Integrated Products, Inc. 160 Rio Robles, San Jose, CA 95134 USA 1-408-601-1000**

© 1992 Maxim Integrated Products

MaximはMaxim Integrated Products, Inc.の登録商標です。