

超低ノイズ、低歪みアクティブ RCクワッド汎用フィルタ

1998年4月

特長

- 16ピンPDIPまたは20ピンSSOPに4個の2次フィルタ・セクションを内蔵、10kHz ~ 150kHzの中心周波数
- バターワース、チェビシェフ、エリプティック、またはイクイリップル遅延応答
- ローパス、バンドパス、ハイパス応答
- 103dB標準S/N、 $\pm 5V$ 電源 ($Q = 1$)
- 標準S/N 97dB、単一 $-5V$ 電源 ($Q = 1$)
- $S(N + THD) \geq 96dB$ 、 $\pm 5V$ 電源、20kHz入力
- レール・トゥ・レール入力および出力電圧
- 3mV(標準)の高精度DC
- 中心周波数精度: $\pm 0.5\%$ 標準
- 「ゼロパワー」のシャットダウン・モード
- 単一または両電源、合計5V ~ 10V
- 抵抗で f_0 、 Q 、利得をプログラム可能

アプリケーション

- 高分解能システム(14ビットから18ビット)
- アンチエイリアシング・フィルタ
- スムージングまたはリコンストラクション・フィルタ
- データ通信、イコライザ
- デュアルまたはI/Qチャネル(1つのパッケージに2個の整合された4次フィルタ)
- リニアフェーズ・フィルタリング
- LCフィルタ・モジュールの置換え

概要

LTC[®]1562はレール・トゥ・レール入力および出力を備えた低ノイズ、低歪みのアクティブRCフィルタで、10kHz ~ 150kHzの中心周波数(f_0)で最適に動作します。4個の独立した2次フィルタ・ブロックを内蔵しており、これらのフィルタ・ブロックは1個の8次フィルタまたは2個の4次フィルタなど、任意の組合せでカスケード接続することができます。各ブロックの応答は3本の外部抵抗により中心周波数、 Q 、および利得が、単純な設計式に基づいてプログラムされます。各2次ブロックはローパスおよびバンドパス出力を提供します。抵抗のうちの1本を外部コンデンサに置き換えると、ハイパス応答が得られます。オールパスおよびエリプティック応答も実現可能です。

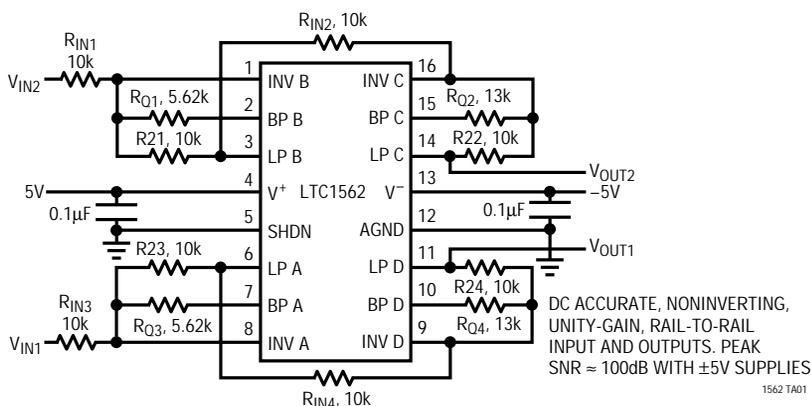
LTC1562はダイナミック・レンジが重要なアプリケーション用に設計されたものです。たとえば、2次セクションをペアでカスケード接続すれば、このICを単一 $-5V$ 電源から94dBのSN比が得られるデュアル4次バターワース・ローパス・フィルタとして構成することができます。低レベル信号では、LTC1562の本質的な利得能力を引き出すことができます。1セクションの利得を変化させると、 $\pm 5V$ 電源で最大118dBのダイナミック・レンジを達成可能です。

ご要望に応じて、他のカットオフ周波数範囲も提供できます。詳細については、弊社にお問い合わせください。

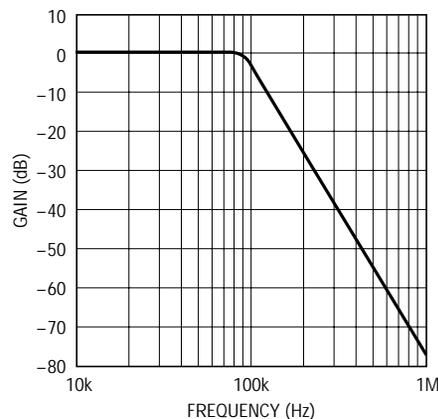
LT、LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。
RAIL-TO-RAILは(株)日本モトローラの登録商標です。

標準的応用例

デュアル4次100kHzバターワース・ローパス・フィルタ



周波数応答



LTC1562

絶対最大定格

全電源電圧 ($V^+ \sim V^-$) 11V
 最大入力電圧
 (すべてのピン) ($V^- - 0.3V$) $\leq V \leq$ ($V^+ + 0.3V$)
 保存温度範囲 - 65 ~ 150

動作温度範囲
 LTC1562C 0 ~ 70
 LTC1562I - 40 ~ 85
 リード温度(半田付け、10秒) 300

パッケージ/発注情報

<p>G PACKAGE 20-LEAD PLASTIC SSOP</p> <p>*G PACKAGE PINS 4, 7, 14, 17 ARE SUBSTRATE/SHIELD CONNECTIONS AND MUST BE TIED TO V^-</p> <p>$T_{JMAX} = 150^\circ\text{C}$, $\theta_{JA} = 136^\circ\text{C/W}$</p>	ORDER PART NUMBER	<p>N PACKAGE 16-LEAD PDIP</p> <p>$T_{JMAX} = 150^\circ\text{C}$, $\theta_{JA} = 90^\circ\text{C/W}$</p>	ORDER PART NUMBER
	LTC1562CG LTC1562ACG LTC1562IG LTC1562AIG		LTC1562CN (CONSULT MARKETING, ENGINEERING SAMPLES ONLY)

インダストリアルおよびミリタリ・グレードはお問い合わせください。

電気的特性

注記がない限り、 $V_S = \pm 5V$ 、出力無負荷、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、SHDNピンをロジック'L(3、4ページ)、
 ACスペックは、1つの2次セクションに対するものであり、 $R_{IN} = R_2 = R_Q = 10k \pm 0.1\%$ 、 $f_0 = 100\text{kHz}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
V_S	Total Supply Voltage		4.75		10.5	V	
I_S	Supply Current	$V_S = \pm 2.375V$, $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$, Outputs at 0V		17.3	19.5	mA	
		$V_S = \pm 5V$, $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$, Outputs at 0V			19	21.5	mA
		$V_S = \pm 2.375V$, $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$, Outputs at 0V $V_S = \pm 5V$, $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$, Outputs at 0V	● ●			23.5 25.5	mA mA
	Output Voltage Swing	$V_S = \pm 2.375V$, $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$	●	4.2	4.6	V_{P-P}	
		$V_S = \pm 5V$, $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$	●	9.5	9.8	V_{P-P}	
V_{OS}	DC Offset Magnitude, LP Outputs	$V_S = \pm 2.375V$, Input at AGND Voltage	●	3	15	mV	
		$V_S = \pm 5V$, Input at AGND Voltage	●	3	15	mV	
	DC AGND Reference Point	$V_S =$ Single 5V Supply		2.5		V	
	Center Frequency (f_0) Error (Note 1) LTC1562 (Note 2) LTC1562A (Note 3)	$V_S = \pm 5V$, LP Output $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$		0.5	1.2	%	
		$V_S = \pm 5V$, LP Output $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$		0.3		%	
H_L	LP Passband Gain	$V_S = \pm 2.375V$, $f_{IN} = 10\text{kHz}$, LP Output $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$	●	0	+0.05	+0.1	dB

電気的特性 注記がない限り、 $V_S = \pm 5V$ 、出力無負荷、 $T_A = 25$ 、SHDNピンをロジック'L (3、4ページ)、ACスペックは、1つの2次セクションに対するものであり、 $R_{IN} = R_2 = R_Q = 10k \pm 0.1\%$ 、 $f_O = 100kHz$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
H_B	BP Passband Gain	$V_S = \pm 2.375V$, $f_{IN} = f_O$, LP Output $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$	●	+0.2	+0.5	dB
	Q Accuracy	$V_S = \pm 2.375V$, LP Output $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$		+3		%
	Wideband Output Noise	$V_S = \pm 2.375V$, BW = 200kHz, Input AC GND $V_S = \pm 5V$, BW = 200kHz, Input AC GND		24		μV_{RMS} μV_{RMS}
	Input-Referred Noise, Gain = 100	BW = 200kHz, $f_O = 100kHz$, Q = 1, Input AC GND		4.5		μV_{RMS}
THD	Total Harmonic Distortion, LP Output	$f_{IN} = 20kHz$, 2.8V _{p.p.} LP and BP Outputs $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$		-96		dB
		$f_{IN} = 100kHz$, 2.8V _{p.p.} LP and BP Outputs $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$		-78		dB
	Shutdown Supply Current	SHDN Pin to V^+ SHDN Pin to V^+ , $V_S = \pm 2.375V$		1.5 1.0	5	μA μA
	Shutdown-Input Logic Threshold			2.5		V
	Shutdown-Input Bias Current	SHDN Pin to 0V		-10	-20	μA
	Shutdown Delay	SHDN Pin Steps from 0V to V^+		20		μs
	Shutdown Recovery Delay	SHDN Pin Steps from V^+ to 0V		100		μs
	Inverting Input Bias Current, Each Biquad			5		ρA

は全動作温度範囲の規格値を意味する。
Note 1: $\pm 5V \sim \pm 2.375V$ 電源での f_O の変化は標準 - 0.15%であり、
- 40 ~ 85 °Cの f_O の温度係数は標準25ppm/°Cである。

Note 2: このデータシートは初期製造リミットを反映しているが、これらの値は最終データシートではさらに厳しくなる。

Note 3: f_O がより厳密に保証されているLTC1562Aを発売予定。弊社にお問い合わせください。

ピン機能

電源ピン: V^+ ピンと V^- ピンは0.1 μF のコンデンサで、適切なアナログ・グランドまたはグランド・プレーンにバイパスしなければなりません。これらのコンデンサはできる限り電源ピンに近づけて接続してください。20ピンSSOPパッケージでは、さらにピン4、7、14、17が内部で V^- (ピン16)に接続されており、最良のシールドイングを行うために、これらもピン16と同じポイントに接続する必要があります。低ノイズのリニア電源を使用してください。フィルタのダイナミック・レンジが低下するため、スイッチング電源は推奨されません。

アナログ・グランド (AGND): AGNDピンは抵抗電圧分割器の中間点であり、 V^+ ピンと V^- ピンの中間の電位が現れ、等価直列抵抗値は公称7k です。これは内部グランド・リファレンスの役目を果たします。フィルタ性能はアナログ信号グランドの品質を反映するため、パッケージの周囲を取り囲むようなアナログ・グランド・プレーンを推奨します。アナログ・グランド・プレーンほどのデジタル・グランドに対しても一点接続でなければな

りません。両電源動作では、AGNDピンをグランド・プレーンに接続してください。単電源動作では、AGNDピンは最低0.1 μF のコンデンサ(最良のAC性能を得るには最低1 μF)でバイパスしなければなりません。

シャットダウン (SHDN): SHDN入力が高(H)になるか開放になると、LTC1562は「ゼロパワー」のシャットダウン状態に入り、接合部リーク電流しか流れません。AGNDピンとアンプ出力(図1を参照)はハイ・インピーダンス状態になり、アンプは実質的に回路から切り離されます。(LTC1562がシャットダウン状態になっている間に、完成したフィルタ回路に入力信号が加えられると、通常、非アクティブ状態のオペアンプの周囲にある受動部品を通して何らかの信号が出力に流れます。)

SHDNピンがフロートしている場合は、SHDN入力にある小さなプルアップ電流源によって、デフォルトでLTC1562がシャットダウン状態になります。したがって、ユーザはLTC1562に通常動作を行わせるには、

ピン機能

SHDNピンを“L” (±5V電源では0V、全5V電源ではV-) に接続しなければなりません。(この規則により、デバイスがシャットダウンしている間に、駆動ロジックでさえも電流を供給する必要がないため、真の「ゼロパワー」のシャットダウンを実現できます。)

INV A、INV B、INV C、INV D : 各INVピンは対応する2次セクションの仮想グラウンドの加算点です。図1に示しアプリケーション情報で詳述するとおり、各セクションごとに3本の外部抵抗R_{IN}、R₂、R_QがすべてINVピンに接続されます。INVピンはフィルタの敏感な内部ノードで、それらに容量結合されるどの信号でも容易に入り込んでしまいます。INVノードに接続される容量も、フィルタセクションの周波数応答に影響を与えます。このような理由から、INVピンへのプリント回路接続は、合計2.5cm(1インチ)以内でできる限り短くし、グラウンドプレーンで取り囲んでください。

LP A、LP B、LP C、LP D : 出力ピン。外部回路に応じて、ローパス応答、バンドパス応答、または他の応答を提供します(アプリケーション情報セクションを参照)。各LPピンも対応する2次フィルタセクションのR₂抵抗に接続されます(図1およびアプリケーション情報を参照)。各出力は外部R₂による負荷を含む5kΩと30pFの名目正味負荷をドライブするように設計されています。出力の負荷をできるだけ軽くすれば、歪み性能が改善されます。

BP A、BP B、BP C、BP D : 出力ピン。外部回路に応じて、バンドパス応答、ハイパス応答、または他の応答を提供します(アプリケーション情報セクションを参照)。各BPピンも対応する2次フィルタセクションのR_Q抵抗に接続されます(図1およびアプリケーション情報を参照)。各出力は外部R_Qによる負荷を含む5kΩと30pFの名目正味負荷をドライブするように設計されています。出力の負荷をできるだけ軽くすれば、歪み性能が改善されます。

ブロック図

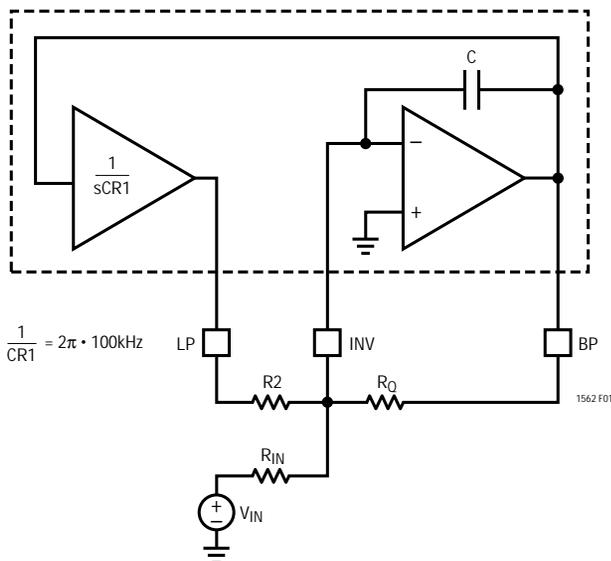


図1. 単純なアプリケーションに使用した1つの2次セクション(点線の内側)の等価回路。この例の外部抵抗R₂、R_{IN}、およびR_Qで、V_{IN}からLP出力およびV_{IN}からBP出力へのバンドパス応答を設定

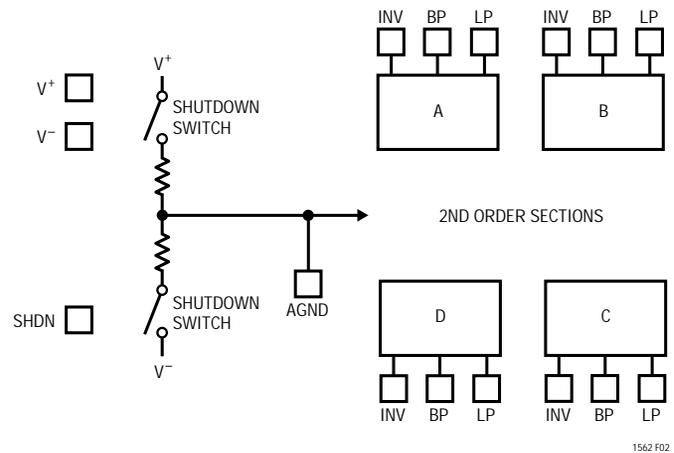


図2. 4つの3端子2次セクションを示す全体ブロック図

アプリケーション情報

機能説明

LTC1562は4つの整合された2次、3端子汎用コンティニューアタイム・フィルタ・ブロックを内蔵しており、各ブロックには仮想グランド入力ノード(INV)と2つのレール・トゥ・レール出力があります。最も基本的なアプリケーションでは、このような1ブロックと3本の外部抵抗によって、2次ローパス機能とバンドパス・フィルタリング機能を同時に提供します(図1)。3本の外部抵抗で、 f_0 、 Q 、および利得をプログラムします。内部高精度部品と外部抵抗 R_2 の組合せによって、各2次ブロックの中心周波数 f_0 を設定します。LTC1562は外部抵抗 R_2 が正確に10kの場合に、 f_0 が100kHz \pm 0.5%になるよう製造時に調整されています。

しかし、ローパス/バンドパス・フィルタリングは、LTC1562の2次構成ブロックの具体的なアプリケーションの1つにすぎません。図1の外部入力抵抗 R_{IN} を下記のとおりコンデンサ C_{IN} (臨界周波数ではなく、利得のみ設定します)に置き換えた場合は、ハイパス応答が行われます。複数の2次ブロック(標準的応用例を参照)を使用したフィードフォワード接続によって、ゼロの応答(例えば、エリプティックまたはノッチ応答)が得られます。さらに、仮想グランド入力により各2次セクションでは、利得(事前増幅)、複数の入力の加算と重み付け、または電流あるいは充電信号の直結などのアナログ動作の組み込み機能が実行できます。これらのオペレーショナル・フィルタ™周波数選択構成ブロックは、オペアンプに匹敵するほど多様性に優れています。

f_0 、 Q 、利得の設定

各2次フィルタ・セクションの応答は、標準全ポール伝達特性を提供します。図1の V_{IN} からLPおよびBP出力への応答は、それぞれ以下ようになります。

$$H_{LP}(s) = \frac{-H_L \omega_0^2}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2}$$

$$H_{BP}(s) = \frac{-H_B (\omega_0/Q)s}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2}$$

外部抵抗 R_2 、 R_{IN} 、および R_Q によって、フィルタ・パラメータ $f_0 = 2\pi f_0$ 、 Q 、 H_L および H_B を以下のとおり設定します。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2} C} = \left(\sqrt{\frac{10k\Omega}{R_2}} \right) (100kHz)$$

$$\text{または } R_2 = \left(\frac{100kHz}{f_0} \right)^2 (10k\Omega)$$

$$Q = \frac{R_Q}{\sqrt{R_1 R_2}} \quad H_L = \frac{R_2}{R_{IN}} \quad H_B = \frac{R_Q}{R_{IN}}$$

$R_1 (= 10k)$ と $C (= 159pF)$ はLTC1562の内部に、 R_2 、 R_{IN} 、 R_Q は外部にあります。通常的设计手順は、最初に所要 f_0 から R_2 を求め、ついで R_2 が分かたら R_Q を求めて Q を設定し、最後に R_{IN} を求めて利得を設定することです。

f_0 の範囲はおよそ10kHz~150kHzであり、主に必要な外部抵抗値の大きさによって制限されます。上記のとおり、 R_2 は f_0 の二乗の逆数で変化します。この関係は R_2 の許容差に対する f_0 の感度を低下させます(1/2ずつ)が、これは R_2 が f_0 よりも広い範囲を持つことを意味します。(R_Q と R_{IN} も R_2 に従ってスケールされる傾向があります。) f_0 が高い場合、これらの抵抗は5k以下になり、LTC1562の出力の負荷が重くなって、THDおよび他の影響が大きくなります。逆に、 f_0 リミットが10kHzと低い場合は、上限抵抗リミットは1M になります。LTC1562のMOS入力回路はこれよりも高い抵抗値に対応できますが、入力保護回路からの接合リーク電流によってDC誤差が生じる可能性があります。

2次伝達関数 H_{LP} 、 H_{BP} 、および H_{HP} (下記参照)はすべて反転項目であるため、たとえばDCではローパス利得は $-H_L$ になります。このような2つのセクションがカスケード接続された場合、これらの位相反転はキャンセルされます。したがって、本データシートの最初のページにある応用回路図のフィルタは、デュアルDC保存、非反転のレール・トゥ・レール・ローパス・フィルタであり、2つの「周波数選択直結線」に近似できます。

オペレーショナル・フィルタはリアテクノロジー社の商標です。

アプリケーション情報

ハイパス・オプション

抵抗 R_{IN} を C_{IN} のコンデンサ値で置き換えた場合は、 V_{IN} と「BP」出力間で標準全ポール・ハイパス応答が得られるようになります。

$$H_{HP}(s) = \frac{-H_H s^2}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2}$$

ここで、パスバンド利得 $H_H = C_{IN}/C$ です。ただし、 C は公称159pFの内部容量です。 f_0 と Q の式は上記と同じままです。

2つのバンドパス・オプション

LTC1562からバンドパス応答 H_{BP} を得る明白な方法が2つあります。抵抗だけが外部部品である図1の基本回路では、BP出力には V_{IN} からのバンドパス応答があります。あるいは、 R_{IN} を入力コンデンサ C_{IN} で置き換えると、BP出力は前述したとおりハイパス応答になりますが、同時にLP出力は上記と同じ H_{BP} フォームのバンドパス応答になります。バンドパス利得パラメータは、 $H_B = (R_Q/R_1) (C_{IN}/159\text{pF})$ になります。この場合も $R_1 = 10\text{k}$ です。 f_0 と Q は通常どおり R_2 と R_Q によって制御されます。

相対的な信号振幅

各2次セクションの信号振幅は、どの出力も信号出力として使用していない場合でも、過負荷(飽和)にならないようにスケールしなければなりません。(フィルタ分野ではしばしばこれを「ダイナミクス」問題と呼んでいます。)LTC1562の場合、ピーク信号振幅の比率つまりBP出力に対するLP出力は、ほぼ以下の比率に等しくなります。

$$\frac{|H_{LP}(j\omega_0)|}{|H_{BP}(j\omega_0)|} = \frac{(100\text{kHz})}{f_0}$$

したがって、LTC1562の「LP」出力は f_0 が100kHz以下のときに大きな振幅になり、「BP」は f_0 が100kHz以上のときに大きな振幅になる傾向があります。未使用出力の振幅が該当する出力より大きい場合、そのセクションの利得または入力振幅をスケールして、未使用出力のオーバドライブを回避しなければなりません。この制約に従う限り、このような状況でもLTC1562を高い性能で使用することができます。

以下のケースは相対信号振幅の問題が起こらないので最も好都合です。未使用出力の振幅は当然ながら両方の振幅よりも低くなります。

$f_0 < 100\text{kHz}$ でのローパス応答(全抵抗フォーム、「LP」出力)

$f_0 < 100\text{kHz}$ でのバンドパス応答(コンデンサ入力フォーム、「LP」出力)

$f_0 > 100\text{kHz}$ でのバンドパス応答(全抵抗フォーム、「BP」出力)

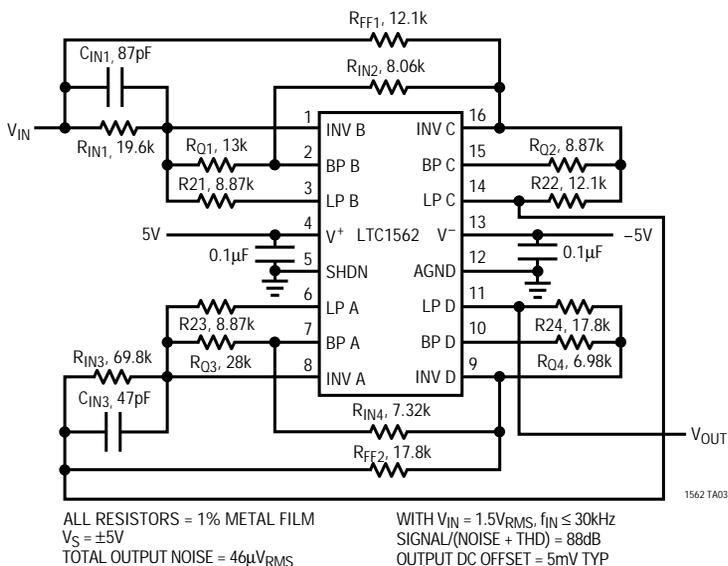
$f_0 > 100\text{kHz}$ でのハイパス応答(コンデンサ入力フォーム、「BP」出力)

低レベルまたは広範囲入力信号

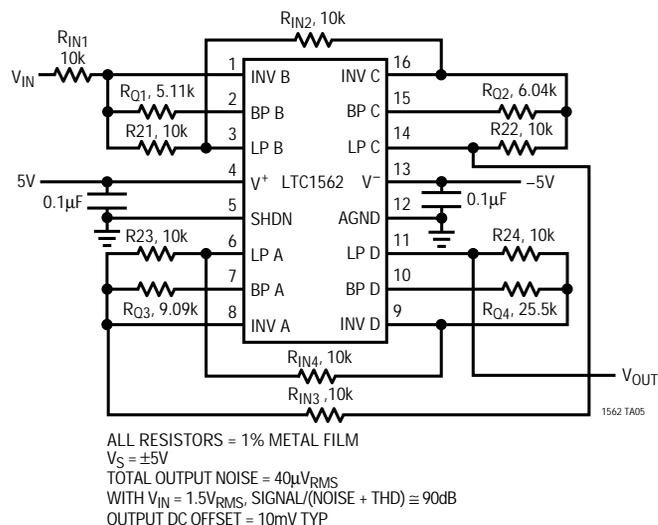
LTC1562は低レベル信号の低ノイズ増幅のための内蔵機能を備えています。各2次フィルタ・セクションの R_{IN} 抵抗はブロック利得を制御します。単一パスバンド利得に設定すれば、2次セクションはノイズ・レベルより100dB高い出力信号を供給できます。低レベル入力がさらに広いダイナミック・レンジを必要とする場合、 R_{IN} 値を減らせば信号利得が増大し、入力換算ノイズは低下します。この機能によって、低レベル信号のSNRを増大させることができます。また、 R_{IN} (ハイパス・オプションでは C_{IN})を変化させたり切り替えることも、自動利得制御(AGC)を行う有効な方法です。システムの観点から、この手法は最大信号対最小ノイズの比率を高め、標準2次ローパス応答($Q = 1$, $f_0 = 100\text{kHz}$)の場合は118dBになります。

標準的応用例 (16ピンPDIPのピン配置)

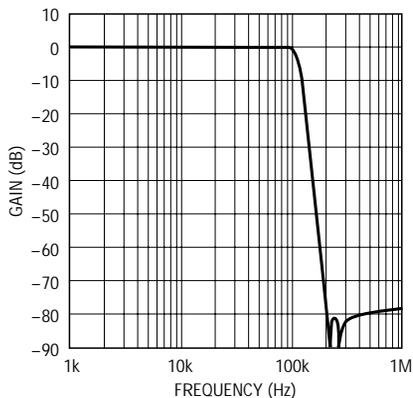
8次100kHzローパス・エリプティック・フィルタ



8次100kHzローパス・バターワース・フィルタ

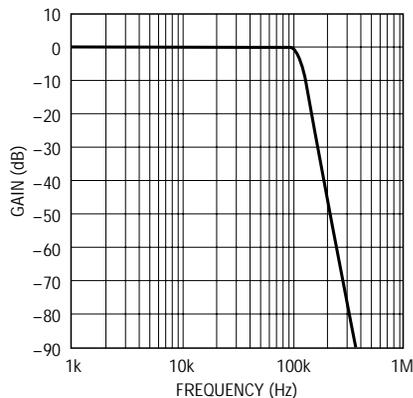


振幅応答



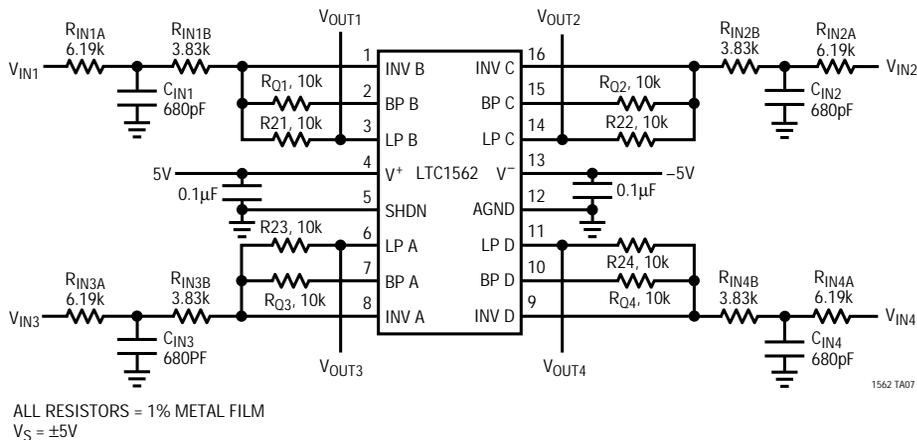
1562 TA04

振幅応答



1562 TA06

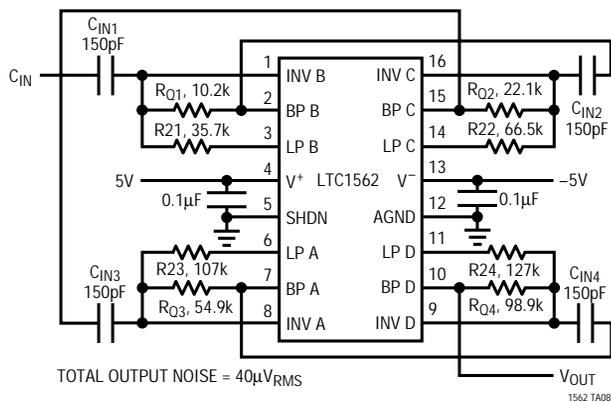
クワッド3ポール、100kHzバターワース・ローパス・フィルタ



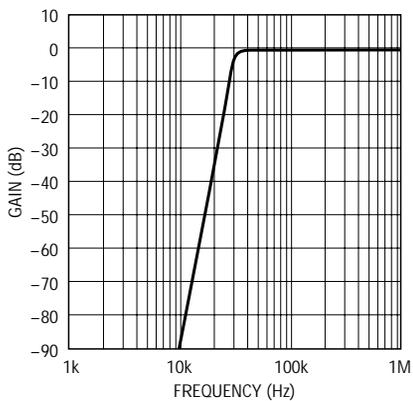
1562 TA07

標準的応用例 (16ピンPDIPのピン配置)

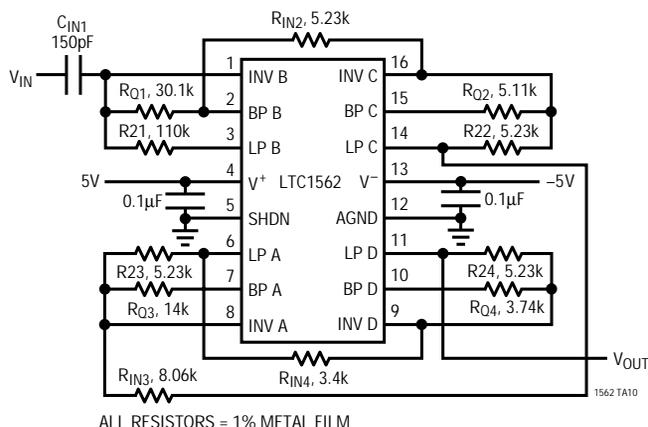
8次ハイパス0.05dBリップル・チェビシェフ・フィルタ、
 $f_{CUTOFF} = 30\text{kHz}$



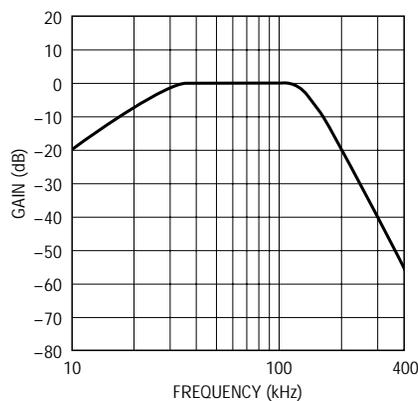
振幅応答



6次138kHzローパス・フィルタをカスケード接続した
 2次30kHzハイパス・フィルタ



振幅応答



関連製品

部品番号	説明	注釈
LTC1560-1	5ポール・エリプテック・ローパス、 $f_C=1\text{MHz}/0.5\text{MHz}$	外部部品なし、SO8パッケージ