

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12月

特長

- コンティニューアスタイム - クロック不要
- 4個の2次フィルタ・セクション、20kHz ~ 300kHz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
- 標準S/N 99dB、±5V電源(Q = 1)
- 標準S/N 93dB、単一5V電源(Q = 1)
- レール・トゥ・レール入力および出力電圧
- 3mV(標準)の高DC精度
- 中心周波数精度: ±0.5%標準
- 「ゼロパワー」シャットダウン・モード
- 単一または両電源、全電圧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 ~ 18ビット)
- アンチエイリアシング/再構築フィルタ
- 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[®]1562-2はレール・トゥ・レールの入力および出力を備えた、低ノイズ、低歪みのコンティニューアスタイム・フィルタで、20kHz ~ 300kHzの中心周波数(f_0)に最適化されています。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本の外付け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。

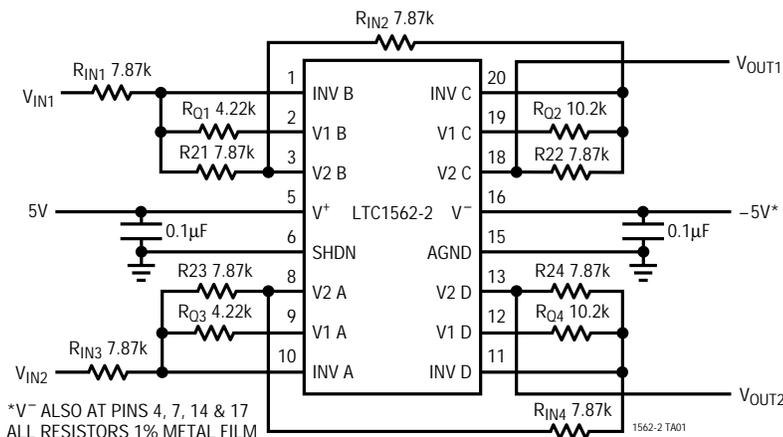
LTC1562-2はダイナミック・レンジが重要なアプリケーション用に設計されています。たとえば、2次セクションをペアでカスケード接続すれば、単一5V電源で、このICを90dB以上のSN比が得られるデュアル4次バターワース・ローパス・フィルタとして構成することができます。信号レベルが低い場合は、LTC1562-2の内蔵利得を利用できます。1セクションの利得を変化させると、±5V電源で最大114dBのダイナミック・レンジを達成できます。

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。

△、LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。

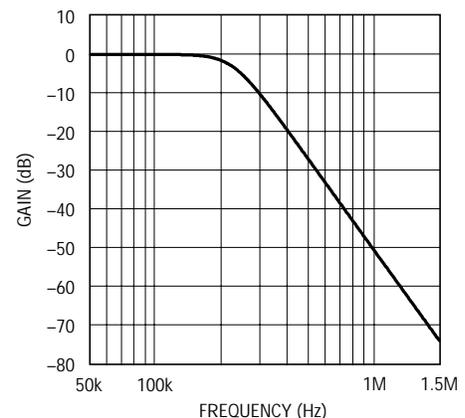
標準的応用例

デュアル4次200kHzバターワース・ローパス・フィルタ



*V⁻ ALSO AT PINS 4, 7, 14 & 17
ALL RESISTORS 1% METAL FILM

振幅応答



絶対最大定格

(Note 1)

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-2	0 ~ 70
LTC1562I-2	- 40 ~ 85
リード温度(半田付け、10秒).....	300

パッケージ/発注情報

<p>TOP VIEW</p> <p>G PACKAGE 20-LEAD PLASTIC SSOP</p> <p>Gパッケージのピン4、7、14、17は ザブストレート/シールド接続です。 V⁻に接続しなければなりません。</p> <p>$T_{JMAX} = 150^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 136^{\circ}C/W$</p>	<p>ORDER PART NUMBER</p> <p>LTC1562CG-2 LTC1562IG-2</p>
---	---

ミリタリ・グレードに関して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、 $T_A = 25^{\circ}C$ 、SHDNピンをロジック“L”。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、 $R_{IN} = R_2 = 10.4k \pm 0.1\%$ 、 $R_Q = 9.09k \pm 0.1\%$ 、 $f_0 = 175kHz$ 。

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		21	23.5	mA	
		$V_S = \pm 5V$, $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$, Outputs at 0V		22.5	25	mA	
	Output Voltage Swing, V2 Outputs	$V_S = \pm 2.375V$, $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$, Outputs at 0V	●		28	mA	
		$V_S = \pm 5V$, $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$, Outputs at 0V	●		30	mA	
	Output Voltage Swing, V1 Outputs	$V_S = \pm 2.375V$, $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$	●	4.2	4.6	V_{P-P}	
		$V_S = \pm 5V$, $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$	●	9.3	9.8	V_{P-P}	
V_{OS}	DC Offset Magnitude, V2 Outputs	$V_S = \pm 2.375V$, Input at AGND Voltage		3	17	mV	
		$V_S = \pm 5V$, Input at AGND Voltage		3	17	mV	
	DC AGND Reference Point	$V_S =$ Single 5V Supply		2.5		V	
	Center Frequency (f_0) Error (Notes 2, 3)	$V_S = \pm 5V$, V2 Output Has $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$		0.5	1.7	%	
H_L	Lowpass Passband Gain at V2 Output	$V_S = \pm 2.375V$, $f_{IN} = 10kHz$, V2 Output Has $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$	●	0	+0.05	+0.1	dB
	Q Accuracy	$V_S = \pm 2.375V$, V2 Output Has $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$		+2		%	
	Wideband Output Noise	$V_S = \pm 2.375V$, BW = 400kHz, Input AC GND		39		μV_{RMS}	
		$V_S = \pm 5V$, BW = 400kHz, Input AC GND		39		μV_{RMS}	
	Input-Referred Noise, Gain = 100	BW = 400kHz, $f_0 = 200kHz$, Q = 1, Input AC GND		7.3		μV_{RMS}	

電気的特性

注記がない限り、 $V_S = \pm 5V$ 、出力無負荷、 $T_A = 25^\circ C$ 、SHDNピンをロジック“L”。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、 $R_{IN} = R_2 = 10.4k \pm 0.1\%$ 、 $R_Q = 9.09k \pm 0.1\%$ 、 $f_0 = 175kHz$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
THD	Total Harmonic Distortion, V2 Output	$f_{IN} = 20kHz$, 2.8V _{p-p} , V1 and V2 Outputs Have $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$		-100		dB
		$f_{IN} = 20kHz$, 9V _{p-p} , V1 and V2 Outputs Have $R_L = 5k$, $C_L = 30pF$		-82		dB
	Shutdown Supply Current	SHDN Pin to V^+ SHDN Pin to V^+ , $V_S = \pm 2.375V$		1.5 1.0	15	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		μA

● は全動作温度範囲の規格値を意味する。

Note 1: 絶対最大定格はそれを超えるとデバイスの寿命を損う可能性がある値。

Note 2: $\pm 5V \sim \pm 2.375V$ 電源での f_0 の変化は、標準 - 0.2%であり、 $-40 \sim 85^\circ C$ の f_0 の温度係数は標準25ppm/°Cである。

Note 3: 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。

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。4、7、14、17の各ピンは内部で V^- (ピン16)に接続されており、最良のシールドを行うために、これらのピンもピン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 Ω 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・プレーンはどのデジタル・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)でグランド・プレーンに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“H”になるか開放になると、LTC1562-2は「ゼロパワー」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(LTC1562-2がシャットダウン状態のとき、全体の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、LTC1562-2はデフォルトでシャットダウン状態になります。したがって、LTC1562-2に通常動作を行わせるには、ユーザはSHDNピンをロジック“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(これにより、デバイスがシャットダウンしている間は、駆動ロジックも電流を供給する必要がないため、真の「ゼロパワー」シャットダウンを実現できます)。

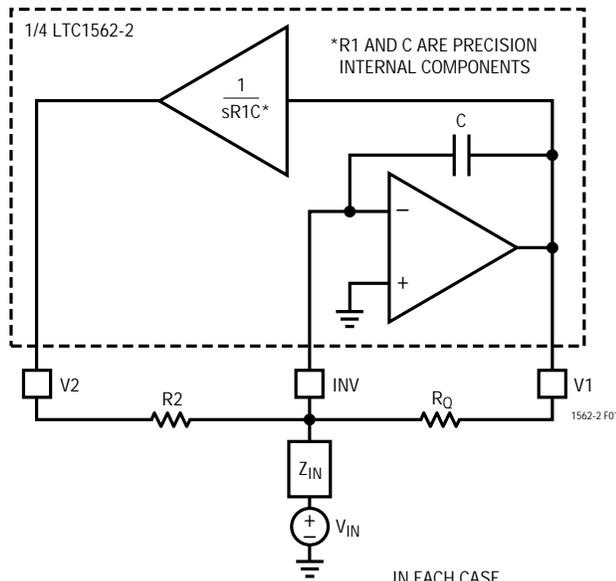
ピン機能

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に示されているように、さらにアプリケーション情報で説明されているように、各セクションごとに3本の外部抵抗 Z_{IN} 、 R_2 、 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意図せぬ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1インチ (2.5cm) 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。

V1 A、V1 B、V1 C、V1 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V1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4k 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。

V2 A、V2 B、V2 C、V2 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V2ピンも対応する2次フィルタ・セクションの R_2 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_2 による負荷を含む4k 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。



Z_{IN} TYPE	RESPONSE AT V1	RESPONSE AT V2
R	BANDPASS	LOWPASS
C	HIGHPASS	BANDPASS

IN EACH CASE,

$$f_0 = (200\text{kHz}) \left(\sqrt{\frac{7958\Omega}{R_2}} \right)$$

$$Q = \frac{R_Q}{R_2} \left(\frac{200\text{kHz}}{f_0} \right)$$

図1. 標準的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。 Z_{IN} のタイプ(抵抗かコンデンサか)によって2つの出力における応答の型が決定される(表を参照)

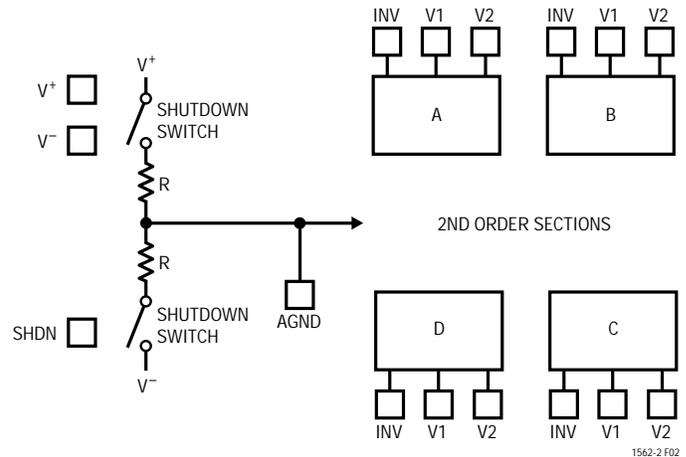


図2. 4個の3端子2次セクションを示す全体ブロック図

アプリケーション情報

機能説明

LTC1562-2は4つの整合のとれた2次の3端子汎用コンティニューアスタイン・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(V1、V2)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本の外部抵抗により2次のローパス応答とバンドパス応答を同時に実現します(図1、 Z_{IN} に抵抗を使用)。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。内部高精度素子と外部抵抗R2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。LTC1562-2は外部抵抗R2が正確に7958の場合に、 f_0 が200kHz \pm 0.5%になるよう製造時に調整されています。LTC1562-2はLTC1562の一種であり、周波数が高くピン互換で、内部のRとCの値が異なっており、より高速なアンプを備えています。

しかし、ローパス/バンドパス・フィルタリングは、LTC1562-2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。下に説明するとおり、図1の外部インピーダンス Z_{IN} をコンデンサ C_{IN} (その値は臨界周波数ではなく、利得のみ設定します)に替えると、ハイパス応答が得られます。複数の2次ブロックを使用したフィードフォワード接続(標準的応用例を参照)によって、ゼロ点のある応答(例えば、エリプティック応答またはノッチ応答)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、オペアンプにほとんど匹敵するほど多様性に優れています。

f_0 、Q、利得の設定

標準全ポール伝達関数により、各2次フィルタ・セクションの応答が特徴づけられます。 Z_{IN} に抵抗 R_{IN} を使用する場合、図1の V_{IN} からV2出力およびV1出力への応答は、それぞれ以下のとおりです。

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

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

外部抵抗 R_2 、 R_{IN} 、および R_Q は、フィルタ・パラメータ $\omega_0 = 2\pi f_0$ 、Q、 H_L および H_B を以下のとおり設定します。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi(C)\sqrt{(R1)(R2)}} = \left(\sqrt{\frac{7958\Omega}{R2}} \right) (200\text{kHz})$$

$$\text{また、} R2 = \left(\frac{200\text{kHz}}{f_0} \right)^2 (7958\Omega)$$

$$Q = \frac{R_Q}{\sqrt{(R1)(R2)}} \quad H_L = \frac{R2}{R_{IN}} \quad H_B = \frac{R_Q}{R_{IN}}$$

$R1 (= 7958 \Omega)$ と $C (= 100\text{pF})$ はLTC1562-2の内部にあり、 $R2$ 、 R_{IN} 、 R_Q は外部にあります。通常的设计手順では、最初に所要 f_0 から $R2$ を求め、次に $R2$ 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します。

f_0 の範囲はおおよそ20kHz~300kHz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、 $R2$ は f_0 の二乗に反比例して変化します。この関係は $R2$ 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 $R2$ が f_0 よりも広い範囲を持つことも意味します(R_Q と R_{IN} も $R2$ 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4k以下になり、LTC1562-2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 の下方リミット20kHzは、任意の上限抵抗リミット1Mを反映したものです。LTC1562-2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保護、非

Operational Filterは、リニアテクノロジー社の商標です。

アプリケーション情報

反転のレール・トゥ・レール・ローパス・フィルタであり、2本の「周波数選択性のある直線ワイヤ」を近似します。

ハイパス・オプション

図1の Z_{IN} を値が C_{IN} のコンデンサにすると、 V_{IN} とV1出力間で標準全ポール・ハイパス応答が得られます。

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

ここで、パスバンド利得 $H_H = C_{IN}/C$ です。ただし、 C は100pF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

LTC1562-2からバンドパス応答 H_{BP} を得るには全く異なる2つの方法があります。図1の Z_{IN} を値が R_{IN} の抵抗にすると、V1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、 Z_{IN} を入力コンデンサ C_{IN} にすると、V1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V2出力は上記と同じ $H_{BP}(s)$ の形式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、 $H_B = (R_Q/R_1)$ ($C_{IN}/100\text{pF}$)になります。この場合も $R_1 = 7958$ 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。)図1のようなLTC1562-2の1つのセクションでは、2つの出力V2とV1の大きさの比は、周波数 $\omega = 2\pi f$ とすると、

$$\frac{|V_2(j\omega)|}{|V_1(j\omega)|} = \frac{(200\text{kHz})}{f}$$

したがって、入力周波数が200kHzより高い場合はV1の出力振幅が大きくなり、周波数が200kHzより低い場合はV2の出力振幅が大きくなります。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ー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LTC1562-2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。未使用出力の振幅の方が使用する出力よりも自然に低くなります。

ローパス応答(抵抗入力、V2出力) $f_0 < 200\text{kHz}$

バンドパス応答(コンデンサ入力、V2出力) $f_0 < 200\text{kHz}$

バンドパス応答(抵抗入力、V1出力) $f_0 > 200\text{kHz}$

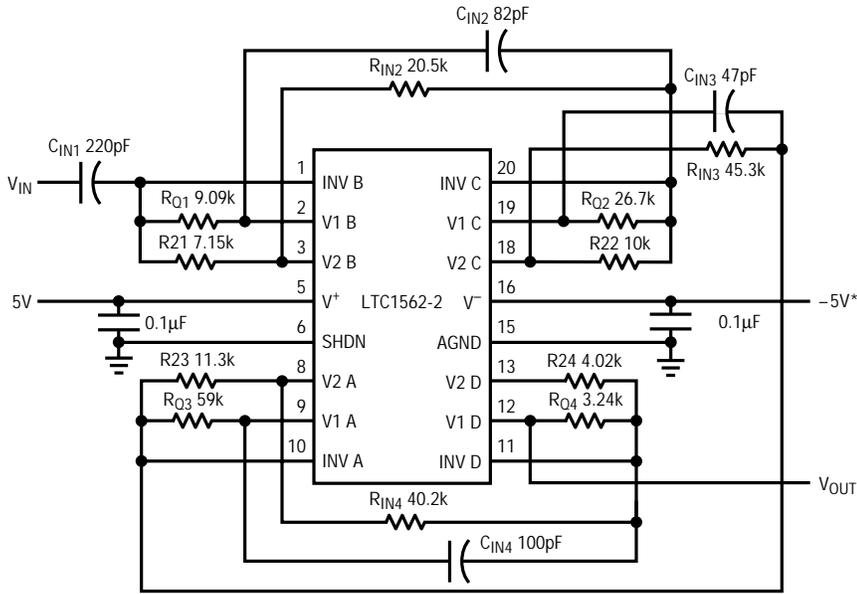
ハイパス応答(コンデンサ入力、V1出力) $f_0 > 200\text{kHz}$

低レベルまたは広範囲な入力信号

LTC1562-2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 Z_{IN} インピーダンスはブロック利得を制御します。ユニティ・パスバンド・ゲインに設定すれば、2次セクションはノイズ・レベルより99dB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、 Z_{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、 Z_{IN} を変化させたり切り替えることも、自動利得制御(AGC)を行う効率のよい方法です。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($Q = 1$ 、 $f_0 = 200\text{kHz}$)の場合は114dBになります。

標準的応用例

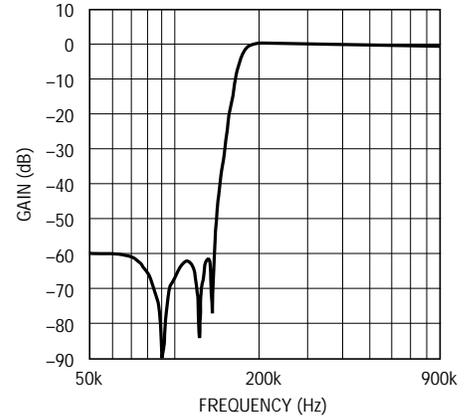
175kHz、8次エリプティック・ハイパス・フィルタ



*V⁻ ALSO AT PINS 4, 7, 14 & 17
ALL RESISTORS 1% METAL FILM
ALL CAPACITORS 5% STANDARD VALUES

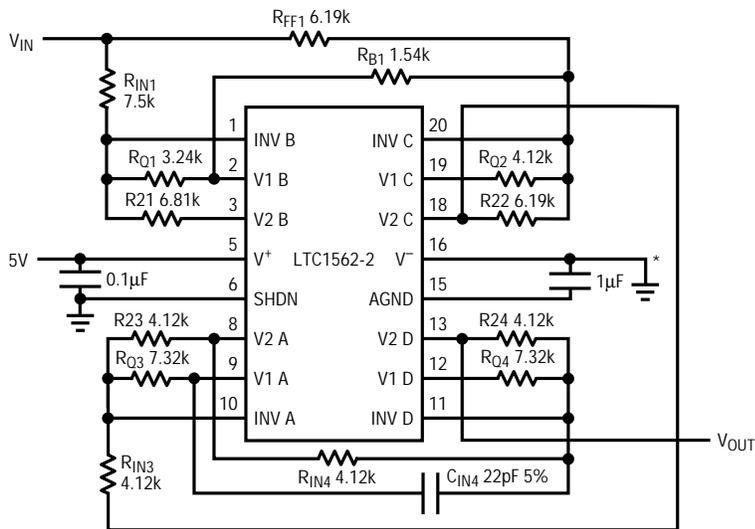
1562-2 TA03a

振幅応答



1562-2 TA03b

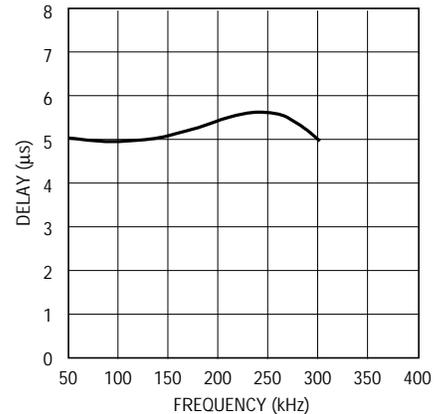
256kHzリニアフェーズ6次ローパス・フィルタ、単一電源



*GROUND ALSO AT PINS 4, 7, 14 & 17
ALL RESISTORS 1% METAL FILM

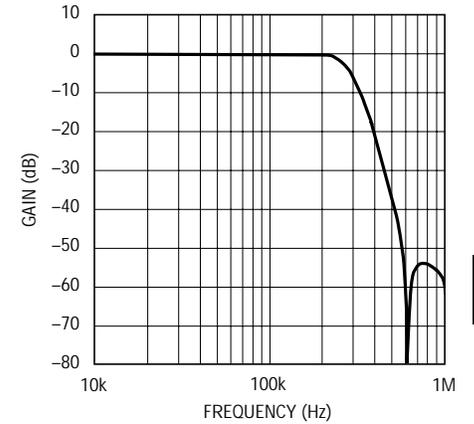
1562-2 TA04a

群遅延応答



1562-2 TA04c

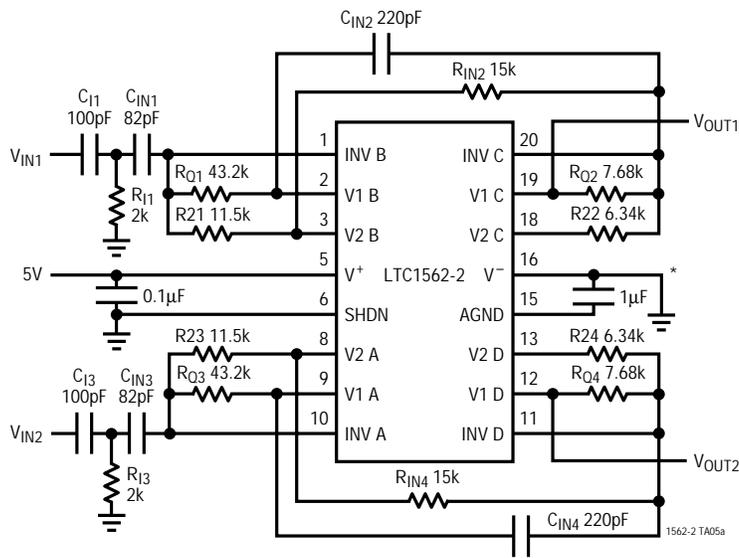
振幅応答



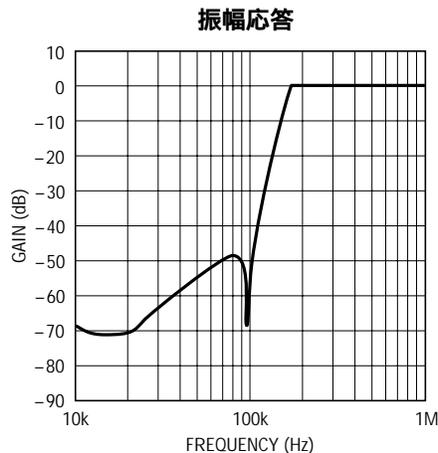
1562-2 TA04b

標準的応用例

デュアル5次170kHzエリプティック・ハイパス・フィルタ、単一5V電源

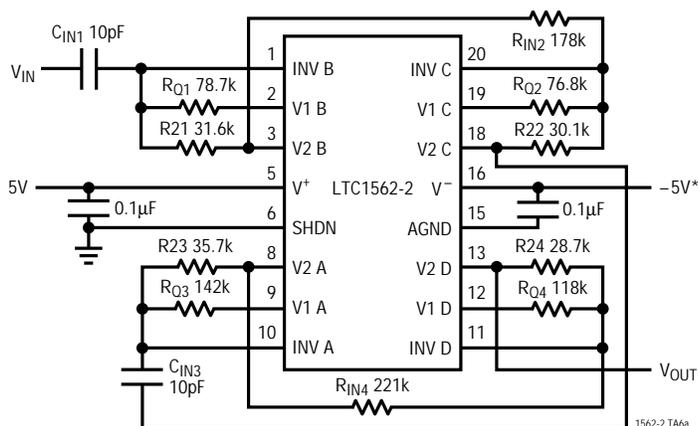


*GROUND ALSO AT PINS 4, 7, 14 & 17

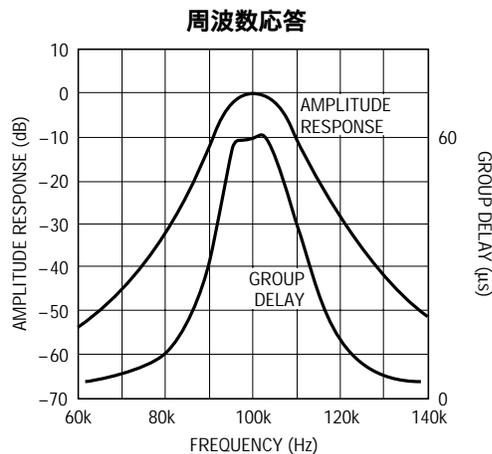


1562-2 TA05b

100kHz、8次バンドパス・リニアフェーズ、 $-3\text{dB BW} = f_{\text{CENTER}}/10$



*V- ALSO AT PINS 4, 7, 14 & 17



1562-2 TA06b

関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC1068	クワッド2ポール・スイッチト・キャパシタ・ビルディング・ブロック	クロック調整
LTC1560-1	5ポール・エリプティック・ローパス、 $f_c = 1\text{MHz}/0.5\text{MHz}$	外付け部品が不要、SO8パッケージ
LTC1562	クワッド2ポール・アクティブRC、10kHz ~ 150kHz	LTC1562-2と同じピン配列