

超低ノイズ
ゼロドリフト・ブリッジ・アンプ

特長

- 超低ノイズ: $0.75\mu\text{V}_{\text{P-P}}$ Typ (0.1Hz ~ 10Hz)
- OP-07より低い DC ~ 1Hz のノイズ
- 最大出力振幅で $1\text{k}\Omega$ 負荷をドライブ可能
- オフセット電圧: $10\mu\text{V}$ (Max)
- オフセット電圧ドリフト: $50\text{nV}/^\circ\text{C}$ (Max)
- 同相除去比: 110dB (Min)
- 電源電圧変動除去比: 115dB (Min)
- 外付け部品が不要
- 標準 8 ピン・オペアンプとピン・コンパチブル
- 標準 8 ピン・プラスチック DIP パッケージと
8 ピン SO パッケージ

アプリケーション

- 電子式秤
- ストレン・ゲージ・アンプ
- 熱電対アンプ
- 高分解能データ収集
- 低ノイズ・トランスデューサ
- 計測アンプ

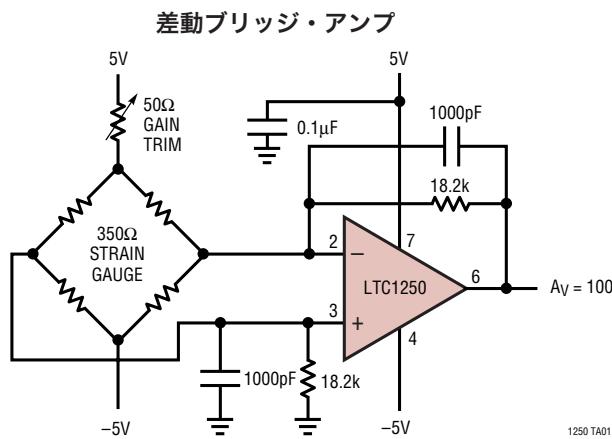
、LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。
他のすべての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。
4933642を含め、米国特許取得済み。

説明

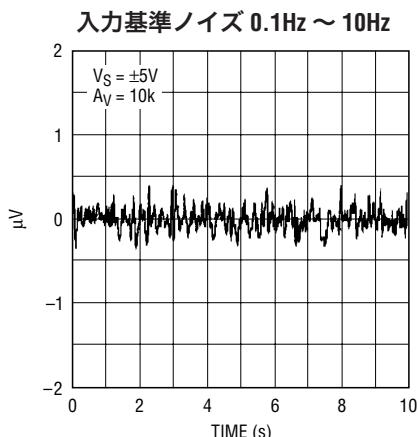
LTC[®]1250 は高性能、超低ノイズ・ゼロドリフト・オペアンプです。低フロント・エンド・ノイズと DC 精度を特長としているため、低インピーダンスのブリッジ・トランスデューサとともに使用するのに最適です。LTC1250 の標準入力ノイズは 0.1Hz から 10Hz で $0.75\mu\text{V}_{\text{P-P}}$ 、0.1Hz から 1Hz で $0.2\mu\text{V}_{\text{P-P}}$ です。また、DC から 1Hz のノイズは $0.35\mu\text{V}_{\text{P-P}}$ であり、OP-07、OP-77、および LT1012 などの低ノイズ・バイポーラ・デバイスよりも優れています。LTC1250 は業界標準のシングル・オペアンプ・ピン配列を使用しており、外付け部品やゼロ調整信号が不要なため、バイポーラ・オペアンプを差し替えることができます。

LTC1250 は、単一 5V 電源で $1\text{k}\Omega$ 負荷時に 4.3V をドライブ可能な高機能の出力段を内蔵しています。 $\pm 5\text{V}$ 電源では、出力は $5\text{k}\Omega$ 負荷に対して $\pm 4.9\text{V}$ を振幅できます。12V より高い単一電源電圧では、同相入力範囲にグランドが含まれます。 $\pm 5\text{V}$ 電源では電源電流は 3mA です。正および負の飽和からの過負荷回復時間は、それぞれ 0.5ms と 1.5ms です。最適な低周波ノイズおよびオフセット・ドリフトを実現するために、内部ゼロ調整クロックは 5kHz に設定されています。外部接続は不要です。

LTC1250 は、標準 8 ピン・プラスチック DIP パッケージと 8 ピン SO パッケージで供給されています。

標準的応用例


1250 TA01



LT1250 TA02

1250fb

LTC1250

絶対最大定格

(Note 1)

全電源電圧 ($V^+ \sim V^-$)	18V
入力電圧..... ($V^+ + 0.3V$) ~ ($V^- - 0.3V$)	
出力短絡時間.....	無制限
保存温度範囲.....	-65°C ~ 150°C
リード温度 (半田付け、10秒)	300°C

動作温度範囲

LTC1250M (製造中止)	-55°C ~ 125°C
LTC1250C.....	0°C ~ 70°C

パッケージ / 発注情報

TOP VIEW	ORDER PART NUMBER	TOP VIEW		ORDER PART NUMBER
		N8 PACKAGE 8-LEAD PLASTIC DIP $T_{JMAX} = 110^\circ\text{C}$, $\theta_{JA} = 130^\circ\text{CW}$	S8 PACKAGE 8-LEAD PLASTIC SO $T_{JMAX} = 110^\circ\text{C}$, $\theta_{JA} = 200^\circ\text{CW}$	
	LTC1250CN8		LTC1250CS8	
J8 PACKAGE 8-LEAD CERAMIC DIP $T_{JMAX} = 150^\circ\text{C}$, $\theta_{JA} = 100^\circ\text{CW}$ (J8)	LTC1250MJ8 LTC1250CJ8			S8 PART MARKING 1250
OBsolete PACKAGE Consider the N8 or S8 for Alternative Source				

より広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社へお問い合わせください。

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値 $V_{IN} = \pm 5V$ を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	LTC1250M			LTC1250C			UNITS	
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		
V_{OS}	Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 2)			± 5	± 10		± 5	± 10	μV
ΔV_{OS}	Average Input Offset Drift	(Note 2)	●		± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
	Long Term Offset Drift				50			50		$\text{nV}/\sqrt{\text{Mo}}$
e_n	Input Noise Voltage (Note 3)	$T_A = 25^\circ\text{C}$, 0.1Hz to 10Hz $T_A = 25^\circ\text{C}$, 0.1Hz to 1Hz			0.75 0.2	1.0		0.75 0.2		$1.0\mu\text{V}_{\text{P-P}}$ $\mu\text{V}_{\text{P-P}}$
i_n	Input Noise Current	$f = 10\text{Hz}$			4.0			4.0		$\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
I_B	Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 4)	●		± 50 ± 950	± 150		± 50 ± 450		pA pA
I_{OS}	Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 4)	●		± 100 ± 500	± 300		± 100 ± 500		pA pA
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = -4\text{V}$ to 3V	●	110	130		110	130		dB
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V_S = \pm 2.375\text{V}$ to $\pm 8\text{V}$	●	115	130		115	130		dB
AvOL	Large-Signal Voltage Gain	$R_L = 10\text{k}$, $V_{OUT} = \pm 4\text{V}$	●	125	170		125	170		dB
	Maximum Output Voltage Swing	$R_L = 1\text{k}$ $R_L = 100\text{k}$	●	± 4.0	$4.3/-4.7$ ± 4.92		± 4.0	$4.3/-4.7$ ± 4.95		V V
SR	Slew Rate	$R_L = 10\text{k}$, $C_L = 50\text{pF}$			10			10		$\text{V}/\mu\text{s}$
GBW	Gain-Bandwidth Product				1.5			1.5		MHz
I_S	Supply Current	No Load, $T_A = 25^\circ\text{C}$	●		3.0 7.0	4.0		3.0 5.0	4.0 mA	mA

1250fb

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値 $V_{IN} = \pm 5V$ を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ C$ での値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	LTC1250M			LTC1250C			UNITS
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
f_S	Internal Sampling Frequency	$T_A = 25^\circ C$		4.75			4.75		kHz
V_{OS}	Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ C$ (Note 2)		± 2	± 5		± 2	± 5	μV
ΔV_{OS}	Average Input Offset Drift	(Note 2)	●	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05	$\mu V/\text{ }^\circ C$
e_n	Input Noise Voltage (Note 3)	$T_A = 25^\circ C, 0.1\text{Hz to } 10\text{Hz}$		1.0			1.0		μV_{P-P}
		$T_A = 25^\circ C, 0.1\text{Hz to } 1\text{Hz}$		0.3			0.3		μV_{P-P}
I_B	Input Bias Current	$T_A = 25^\circ C$ (Note 4)		± 20	± 100		± 20	± 100	pA
I_{OS}	Input Offset Current	$T_A = 25^\circ C$ (Note 4)		± 40	± 200		± 40	± 200	pA
	Maximum Output Voltage Swing	$R_L = 1k$	4.0	4.3		4.0	4.3		V
		$R_L = 100k$		4.95			4.95		V
I_S	Supply Current	$T_A = 25^\circ C$		1.8	2.5		1.8	2.5	mA
f_S	Sampling Frequency	$T_A = 25^\circ C$		3			3		kHz

Note 1: 絶対最大定格はそれを超えるとデバイスの寿命に影響を及ぼす値。

Note 2: これらのパラメータは設計上保証されている。熱電対効果のため、自動テスト時はこれらの電圧レベルの測定は行えない。

Note 3: 0.1Hz ~ 10Hz ノイズは、10s ウィンドウでは、DC 結合と規定。

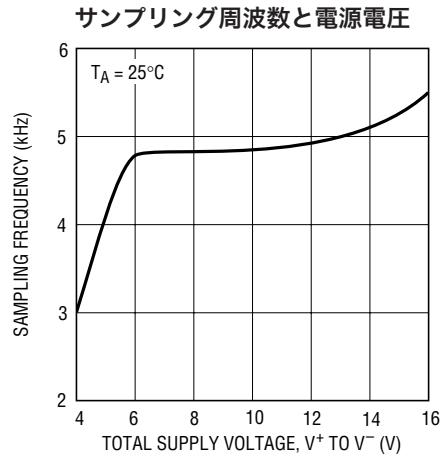
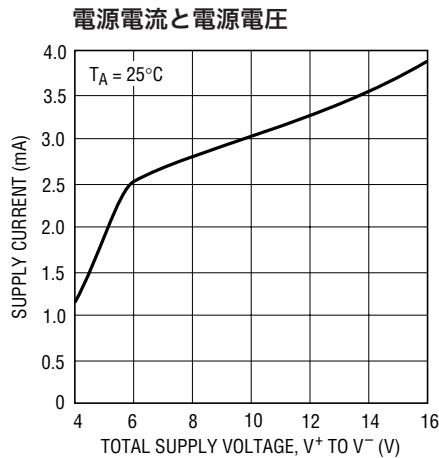
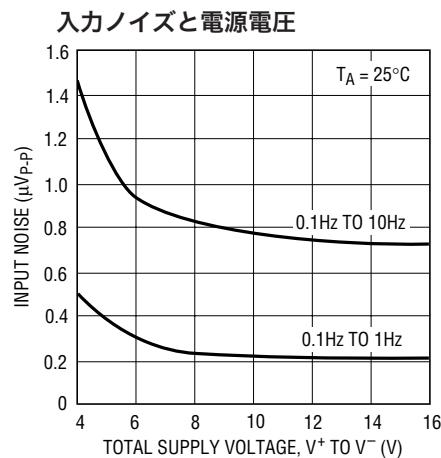
0.1Hz ~ 1Hz ノイズは、100s ウィンドウで規定し、0.1Hz の RC ハイパス・フィ

ルタを使用。LTC1250 は、ノイズのサンプル・テストを行っている。

100% テストを行ったデバイスに関しては弊社にお問い合わせください。

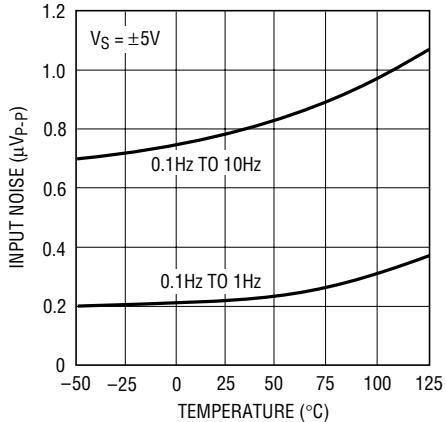
Note 4: 0°C以下では、これらのパラメータは設計上保証されているが、テストはしていない。

標準的性能特性



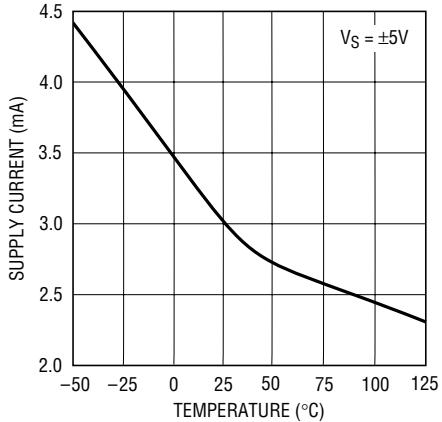
標準的性能特性

入力ノイズと温度



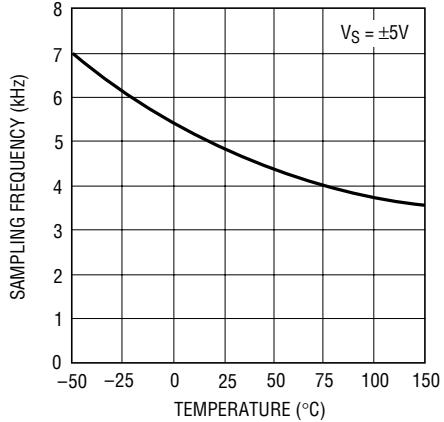
1250 G04

電源電流と温度



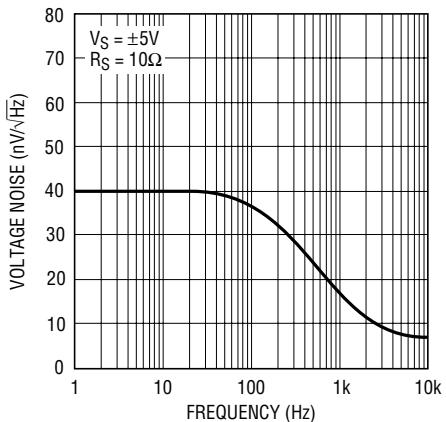
1250 G05

サンプリング周波数と温度



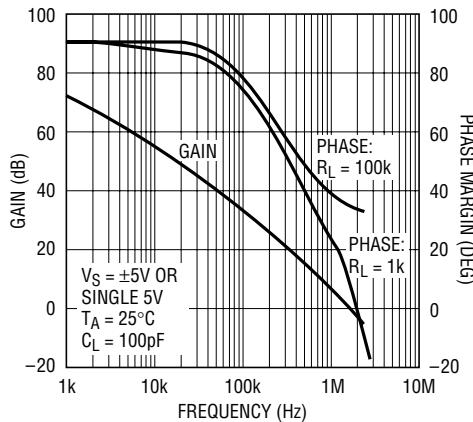
1250 G06

電圧ノイズと周波数



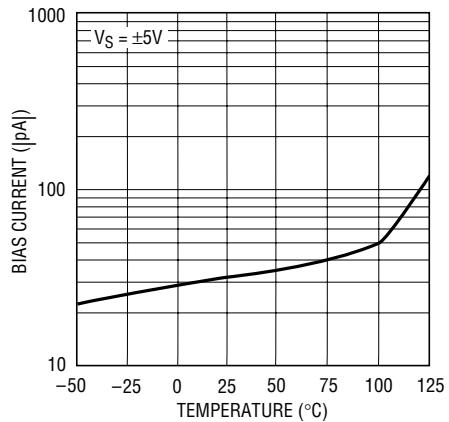
1250 G07

利得 / 位相と周波数



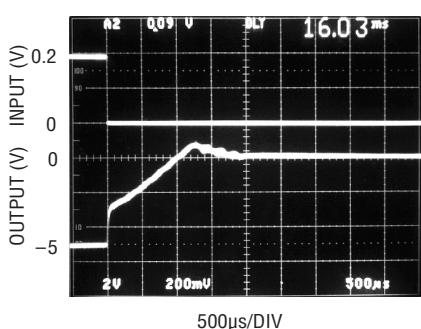
1250 G08

バイアス電流（振幅）と温度



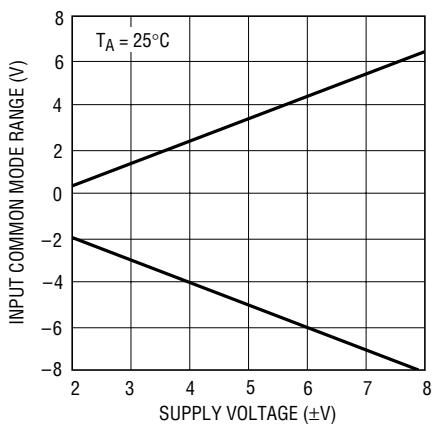
1250 G09

過負荷回復



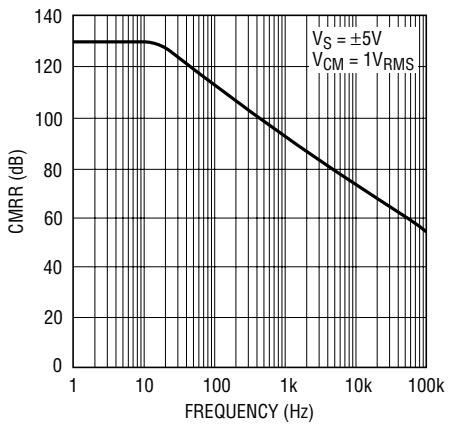
$A_V = 100$, $R_L = 100k$, $C_L = 50pF$, $V_S = \pm 5V$

同相入力範囲と電源電圧



1250 G11

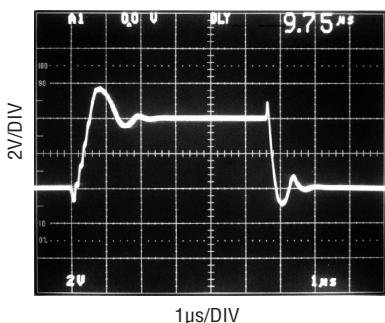
同相除去比と周波数



1250fb

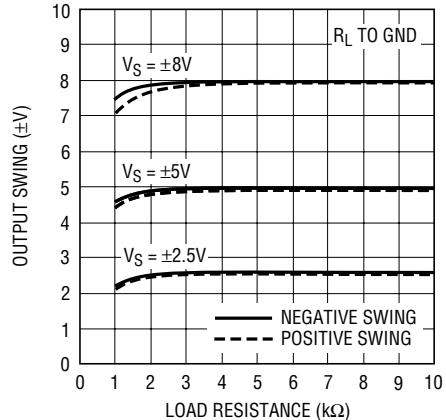
標準的性能特性

過渡応答

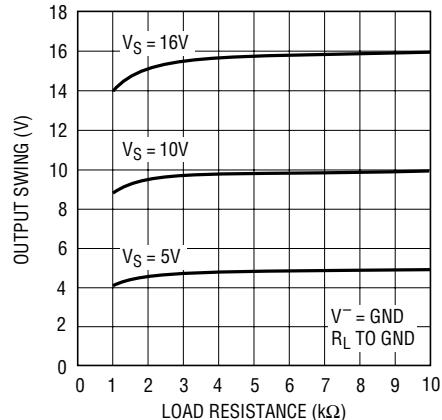


$A_V = 1$, $R_L = 100k$, $C_L = 50pF$, $V_S = \pm 5V$

出力振幅と負荷抵抗、両電源

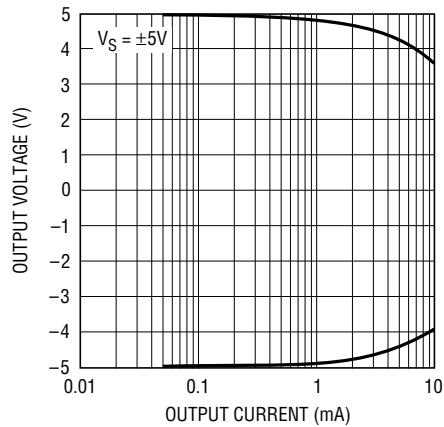


1250 G14

出力電圧振幅と負荷抵抗、
單一電源

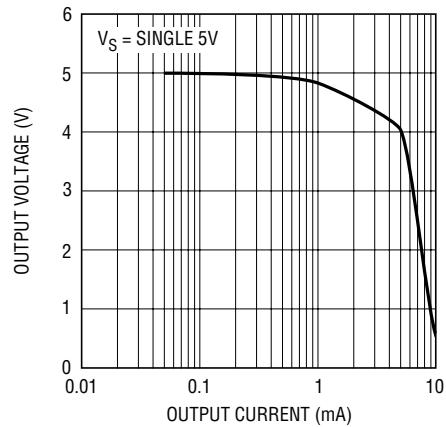
1250 G15

出力振幅と出力電流、±5V 電源



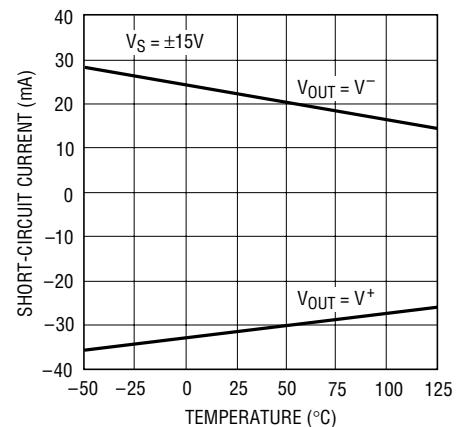
1250 G16

出力振幅と出力電流、5V 単一電源



1250 G17

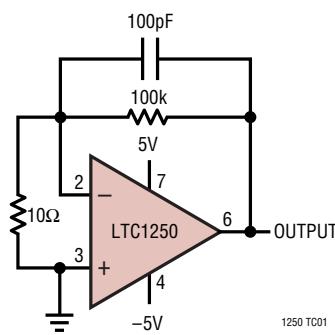
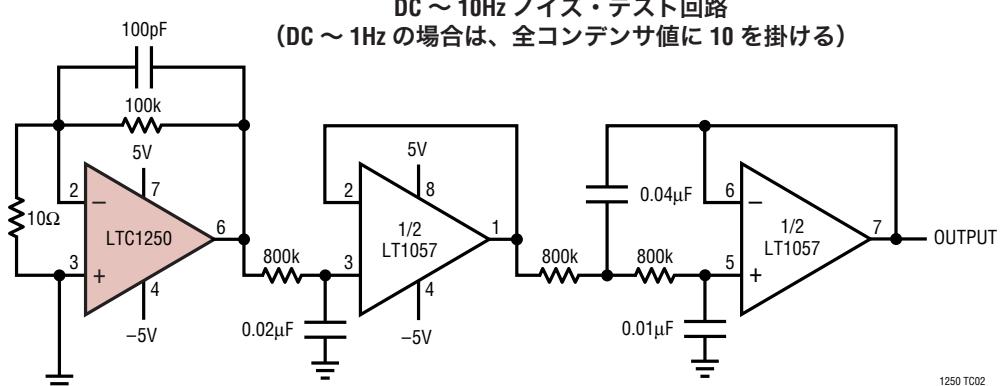
短絡電流と温度



1250 G18

テスト回路

オフセット・テスト回路

DC ~ 10Hz ノイズ・テスト回路
(DC ~ 1Hz の場合は、全コンデンサ値に 10 を掛ける)

1250fb

アプリケーション情報

入力ノイズ

すべての CMOS アンプと同様に LTC1250 にも熱ノイズと $1/f$ ノイズの 2 種類の低周波数ノイズが見られます。LTC1250 ではいくつかの設計上の変更を行ってこれらのノイズ源を最小限に抑えています。熱ノイズは、大きな形状のトランジスタを使用してフロント・エンド・トランジスタを高バイアス・レベルで動作させ、トランジスタの g_M を上げることで最小限に抑えます。ゼロドリフトのゼロ調整ループを最適化して $1/f$ コーナー周波数の 2 倍の周波数で実行すると $1/f$ ノイズへの対策を行うことができます。本来高い CMOS $1/f$ ノイズが低周波数の熱ノイズ・レベル近くに軽減します。その結果、ノイズ・スペクトラムは内部 5kHz クロック周波数未満の周波数では、非常に小さくなり、10Hz では、最良のバイポーラ・オペアンプに近づき、1Hz 未満では、それを上回ります(図 1)。これはすべて業界標準のピンアウトで実現されています。LTC1250 には、外付けコンデンサ、ゼロ調整信号やクロック信号も不要で、業界標準の 8 ピン DIP と 8 ピン SO パッケージに準拠しています。

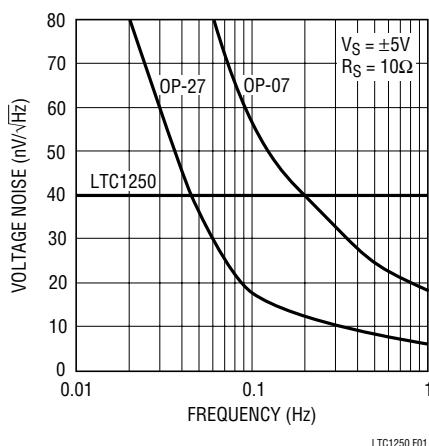


図 1. 電圧ノイズと周波数

入力容量と補償

大きな入力トランジスタは、各入力から V^+ に 55pF の寄生容量を発生させます。この入力容量は外部帰還抵抗に反応し、極を生成してアンプの安定性に影響を及ぼします。低利得、高インピーダンス構成では、帰還ネットワークの利得 1 の周波数以下のところに極が発生して位相余裕を劣化させ、リンギングや発振その他の不都合な現象を発生させます。ただし、これはどのオペアンプにもいえることで、LTC1250 の入力の 55pF の容量は、1.9k Ω のような低い帰還ネットワーク・インピーダンスでは安

定性に影響を及ぼします。帰還抵抗の両端にコンデンサを追加することで入力の極をキャンセルするゼロを加え、この影響を除去することができます(図 2)。このコンデンサの値は、次式から求められます。

$$C_F \geq \frac{55\text{pF}}{A_V}$$

ここで、 $A_V = \text{閉ループ利得}$ です。 C_F は R_F の値には依存しないことに注意してください。高利得 ($A_V > 50$) またはループ・インピーダンスの低い回路では、安定性のための C_F は不要です。

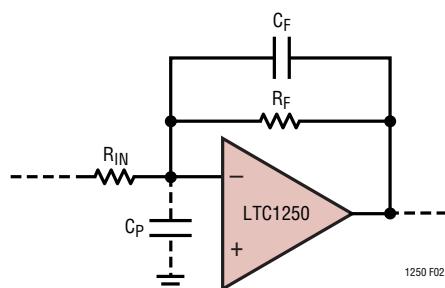


図 2. 寄生 C_P による位相シフトを C_F が相殺

より大きな値の C_F が、帯域制限された DC 回路によく使用されますが、実際には低周波数ノイズを増大させることがあります。LTC1250 のゼロ調整回路は、外部帰還ネットワークを含むループをそのサイクルの一部の間で閉じます。このループは、150 μs 以内に最終値に落ちなくて必要があります。そうならない場合は、 $1/f$ ノイズ・スペクトラムが完全にキャンセルされず、デバイスの低周波数ノイズが増加します。ループ補償不足の場合 (R_F が大きい、 C_F がない)、150 μs を超えてリンギングが発生し、ノイズとオフセットが発生します。

これを解決するには、上記の C_F を増やします。ただし、 C_F の値が大きすぎると、ループが過補償になり、150 μs 以内に最終値にならなくなりますので、注意が必要です。この状態になっても LTC1250 のオフセットまたは出力の安定性に影響はありませんが、 $1/f$ ノイズが上昇し始めます。目安として、最良の $1/f$ 特性を得るには、 $R_F C_F$ 帰還の極は、 $\geq 7\text{kHz}$ ($1/150\mu\text{s}$ 、ループが安定する周波数) である必要があります。100k Ω より小さい帰還抵抗では、100pF ~ 500pF の値で十分です。これによって、LTC1250 が適切にゼロ調整を行うのに最適な 7kHz における利得値が得られます。大きな値の帰還抵抗 (1M Ω を超える) を使用する場合は、LTC1250 およびプリント基板の寄生要素が大きな役割を果たすため、正しい値を

アプリケーション情報

知るための実験が必要になります。小さな値の抵抗(5k Ω 未満)には、コンデンサは不要です。

入力バイアス電流

どのゼロドリフト・オペアンプにもいえることがですが、LTC1250の入力に引き込まれるACバイアス電流のスイッチング・スパイクはごくわずかです。温度が非常に高いときは、DCリーク電流は無視できます。大きなフロントエンド・トランジスタを使用すると、標準のゼロドリフト・オペアンプに比べて3~4倍のスイッチング・スパイクが生じます。 $\pm 50\text{pA}$ というバイアス電流の仕様は、それでもほとんどのバイポーラ・デバイスより何倍も優れています。入力によってスパイクが一致せず、いつもそうとは限りませんが、極性が逆こともあります。したがって、入力でインピーダンス・マッチングをとっても(図3)バイアス電流を相殺できるとは限らず、かえってエラーが増える可能性があります。これは行わないようしてください。

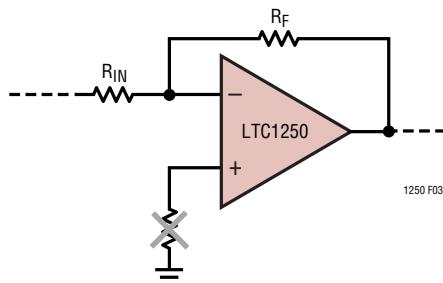


図3. 抵抗を追加してもバイアス電流エラーが相殺されない

出力ドライブ

LTC1250には、性能を向上させた出力段が用意されており、ほぼ対称的な出力ソース/シンク電流を得ることができます。この出力は、 $\pm 5\text{V}$ 電源で $1\text{k}\Omega$ 負荷に少なくとも $\pm 4\text{V}$ の振幅ができ、低インピーダンス負荷に対して 20mA を超える電流をシンクまたはソースすることができます。抵抗負荷が少なければ($R_L \geq 100\text{k}\Omega$)、LTC1250はどちらかのレールのミリボルト以内にまで振幅します。単一電源アプリケーションでは、 5V 電源で通常、 $1\text{k}\Omega$ 負荷に対して 4.3V 振幅となります。

外部エラーの防止

LTC1250の入力ノイズ、オフセット電圧およびバイアス電流仕様はいずれもプリント基板の寄生要素のレベルを十分下回ります。LTC1250の銅製ピンの間に熱電対があつたり、それらを接続するのに錫/鉛の半田が使われていると、LTC1250のオフセット電圧を上回ります。

特に半田ごてなどを使用した後などにはそのような現象が発生します。また、LTC1250の出力の負荷が非常に大きいときは、チップの消費電力が大きくなり、パッケージの温度が上昇するとともに入力の熱電対への負荷も大きくなります。LTC1250は、このような状態でも規定の精度を維持しますが、レイアウト時には回路のエラー防止、補償に注意するようにしてください。低周波数ノイズ測定時には特に空気の流れに注意してください。近くに動くものがあると(人の動きなど)、シールドされていない回路基板では非常に大きなノイズ・ピークが発生することがあります。これらのエラー防止に関する詳細およびアドバイスに関しては、LTC1051/LTC1053データシートを参照してください。

サンプリング動作

LTC1250のゼロドリフトのゼロ調整ループでは、約 5kHz で入力をサンプリングするため、 2kHz 未満の信号をエイリアシングなしに処理することができます。この周波数を超えるとエイリアシング動作が発生しますが、広帯域の内部回路では一般的にエラーは最小限に抑えられています。LTC1250の出力は、クロック周波数とその高調波に小さなスパイクを発生させます。これらは帰還構成が異なると振幅も異なってきます。低周波数または帯域制限されたシステムは影響を受けにくいのですが、高帯域幅のシステム(オーバーサンプリングA/Dなど)は、これらのクロックに乗るノイズにフィルタをかけるようにしてください。出力スパイクは大きな帰還コンデンサで最小限に抑えることができますが、それによってノイズ性能に悪影響を及ぼします(前ページの「入力容量と補償」を参照)。出力にスパイクをなくし、ノイズを最小限に抑える必要のあるアプリケーションではLTC1250の後にローパス・フィルタが必要になります。通常は、簡単なRCでその役割を果たすことができます(図4)。LTC1051/LTC1053データシートには、ゼロドリフト・アンプのサンプリング動作に関する詳細が掲載されています。

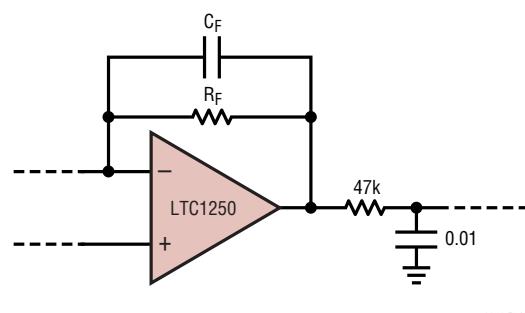


図4. RC出力の極によって帯域幅を 330Hz に制限する例

アプリケーション情報

単一電源動作

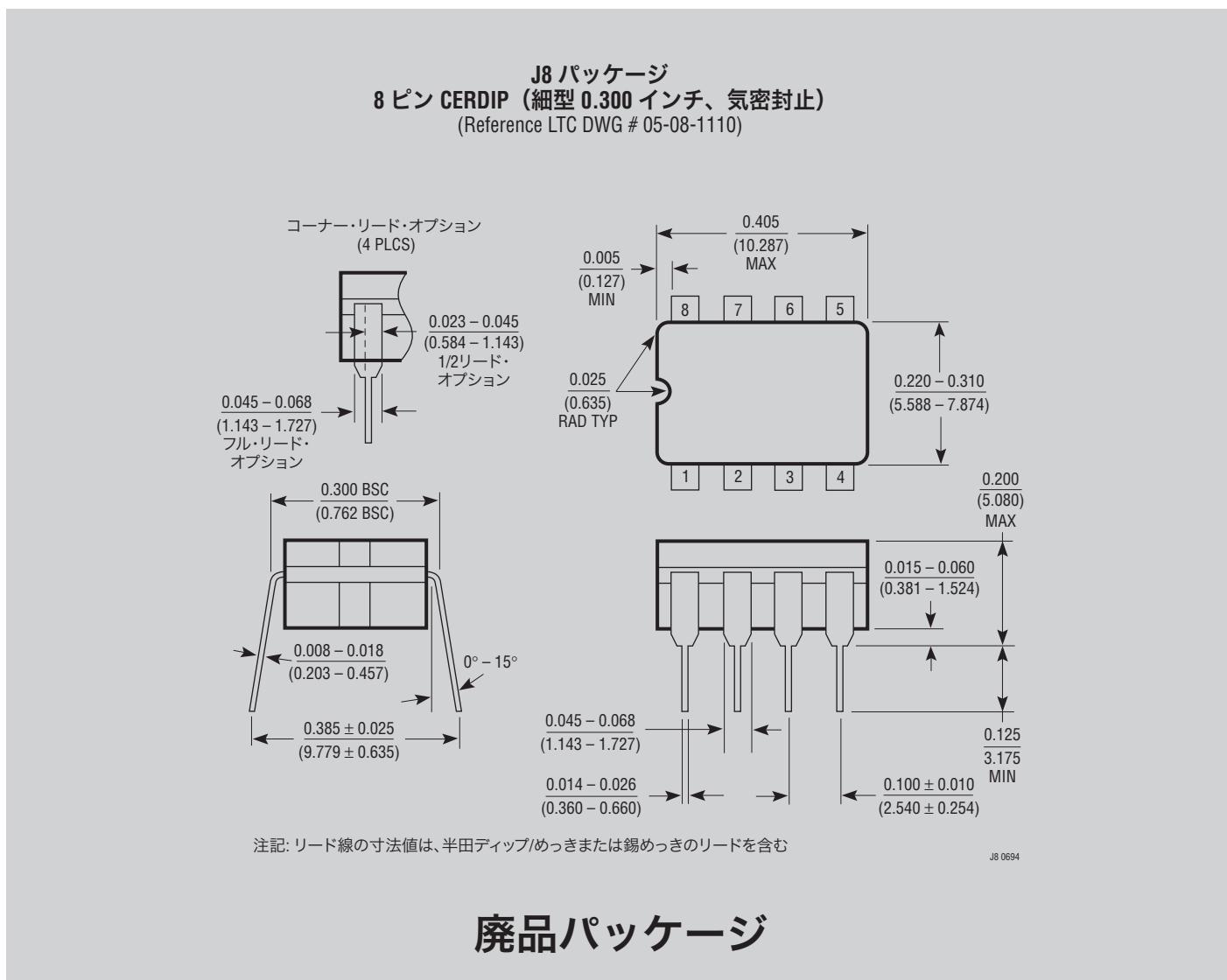
LTC1250 は、4.5V という低い単一電源電圧で動作し、負荷が小さいときは、出力振幅はどちらの電源電圧からのミリボルト以内に収まります。入力段は、5V 単一電源でグランドの 250mV 以内で同相範囲となり、11V を超える単一電源ではグランドから同相範囲になります。単一電源から電力を得ている場合は、多くのブリッジ・トランスデューサは、入力に対してグランドより上のバイアスをかけ、単一電源アプリケーションの LTC1250 と直接インターフェイスがとれるようにします。シングル・エンデッドのグランドを基準にした信号はややレベル・シフトして LTC1250 の入力とインターフェイスをとる必要があります。

フォールト状態

LTC1250 は、ラッチアップに陥ったり損傷を受けることなくほとんどの外部フォールト条件に耐えるように設計されています。しかし、異常なまでに厳しいフォールト条件では、デバイスが損傷を受けることがあります。すべてのピンは、 $\pm 25\text{mA}$ かどちらかの電源電圧を 5V 超えるいずれか先に発生したフォールトに対して保護されています。外部回路がこれらの制限値を超過する可能性があるときは、直列抵抗または電圧クランプ・ダイオードを使用して損傷を防止します。

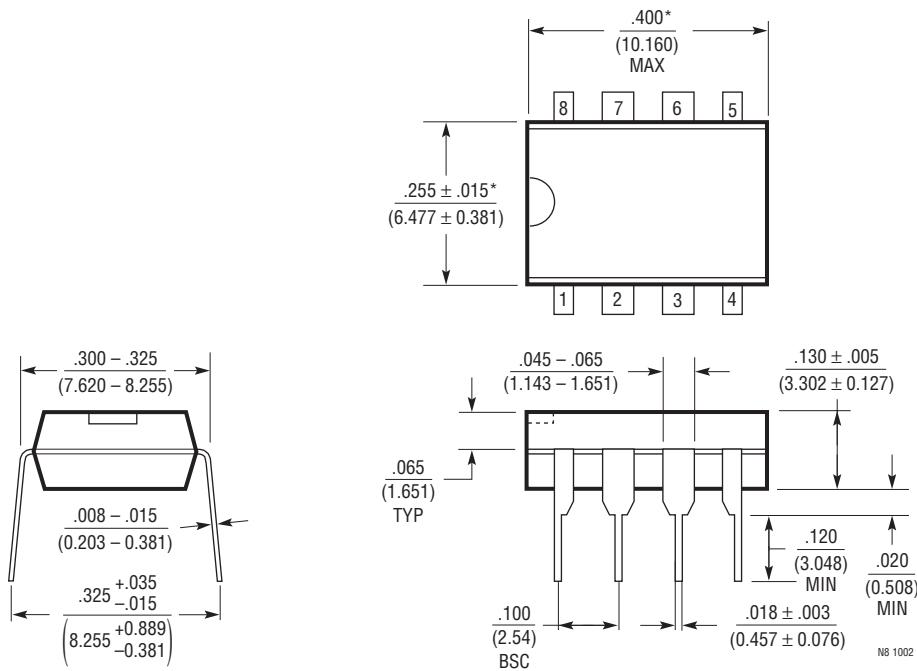
LTC1250 には、ESD による損傷に対する内部保護回路があります。データ・シートのパラメータはすべてどのピンにおいても 1kV の ESD を想定しています。1kV を超えた場合は、入力バイアスとオフセット電流が増加しますが、それ以外の仕様には影響をきたさず、入力ピンでは、デバイスは最大 5kV、出力ピンでは 8kV まで機能します。極端な ESD 条件は、標準的な静電気対策上の注意を講じて防止する必要があります。

パッケージ寸法



パッケージ寸法

**N8 パッケージ
8 ピン PDIP (細型 0.300 インチ)**
(Reference LTC DWG # 05-08-1510)



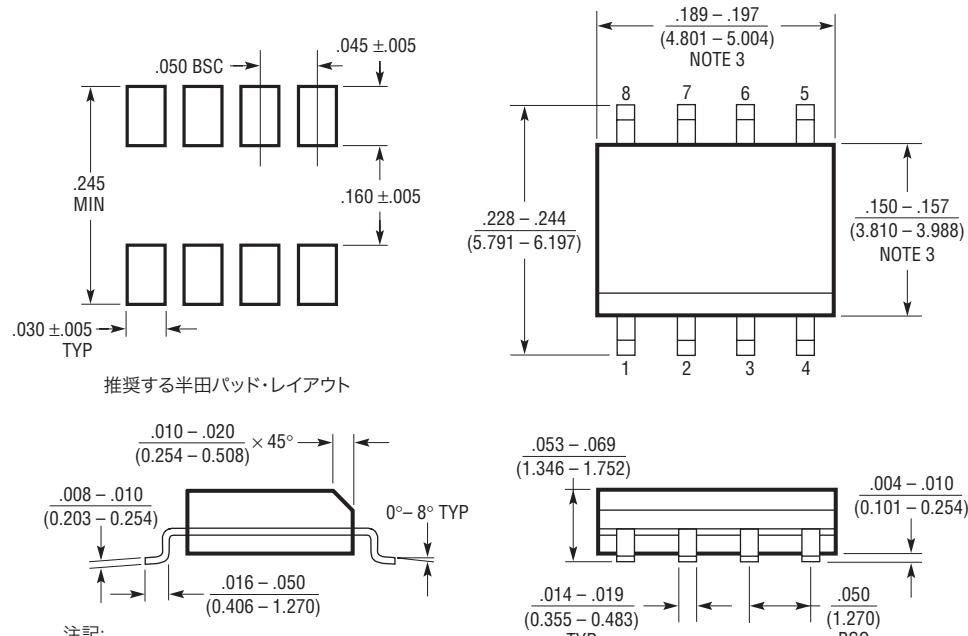
注記:

1. 寸法は、インチ
ミリメートル

*これらの寸法には、モールドのバリまたは突出部を含まない。
モールドのバリまたは突出部は、0.254mm(0.010")を超えないこと

パッケージ寸法

**S8 パッケージ
8 ピン・プラスチック小型（細型 0.150 インチ）
(Reference LTC DWG # 05-08-1610)**



注記:
1. 寸法は、 $\frac{\text{インチ}}{\text{(ミリメートル)}}$
2. 図は実寸とは異なる

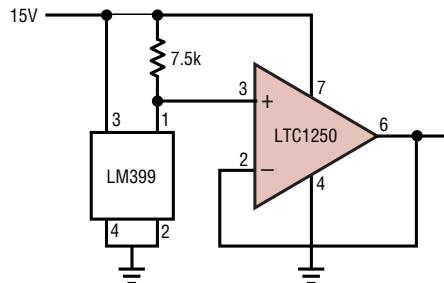
3. これらの寸法には、モールドのバリまたは突出部を含まない。
モールドのバリまたは突出部は、0.15mm(0.006")を超えないこと

S08 0303

LTC1250

標準的応用例

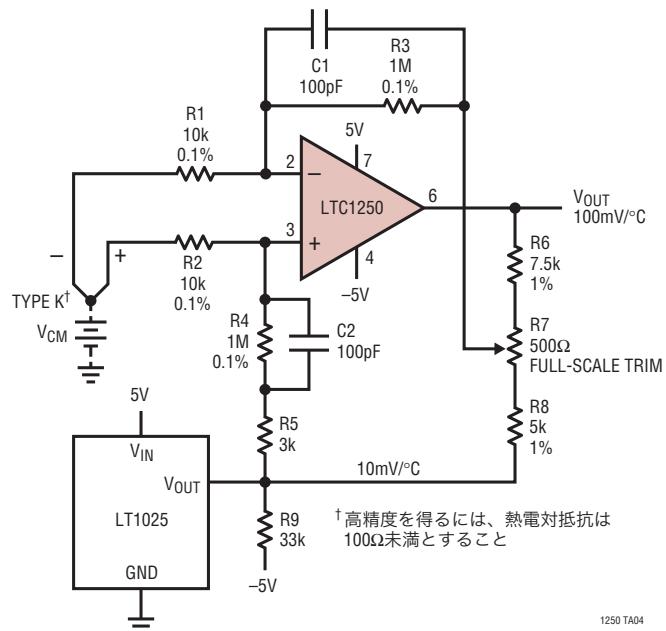
リファレンス・バッファ



$\pm 10\text{ppm}$ ERROR AT $\pm 15\text{mA}$
 $1\mu\text{V}_{\text{P-P}}$ OUTPUT NOISE
 $2.5\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ DRIFT (DUE TO LM399)

1250 TA03

差動熱電対アンプ



1250 TA04

関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC1050/LTC1051/ LTC1053	シングル / デュアル / クワッド高精度ゼロドリフト・オペアンプ	V_{OS} 最大 = $5\mu\text{V}$ 、 V_{SUPPLY} 最大 = 16.5V
LTC1150/LTC1151	シングル / デュアル $\pm 15\text{V}$ ゼロドリフト・オペアンプ	高電圧動作
LTC2050/LTC2051/ LTC2052	シングル / デュアル / クワッド・ゼロドリフト・オペアンプ	単一電源 2.7V ~ $\pm 5\text{V}$ 、SOT-23/MS8/GN16 パッケージ
LTC2053	ゼロドリフト計測アンプ	レール・トゥー・レール、MS8、116dB、2 抵抗セット利得
LTC2054/LTC2055	シングル / デュアル・ゼロドリフト・オペアンプ	$150\mu\text{A}$ アンプ (最大) SOT-23/MS8 パッケージ
LTC6800	レール・トゥ・レール入力 / 出力計測アンプ	低コスト、単一電源、MS8、2 抵抗セット利得

1250fb

12

リニアテクノロジー株式会社

〒102-0094 東京都千代田区紀尾井町3-6 紀尾井町パークビル8F
 TEL 03-5226-7291 • FAX 03-5226-0268 • www.linear-tech.co.jp

LT/GP 0205 REV B • PRINTED IN JAPAN

© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 1994