

SOT-23、レール・トゥ・レール出力 ピコアンペア入力電流 高精度オペアンプ

特長

- オフセット電圧:最大150 μ V
- 入力バイアス電流:最大900pA
- オフセット電圧ドリフト:最大1.2 μ V/ $^{\circ}$ C
- レール・トゥ・レール出力振幅
- 単一電源または両電源で動作
- 開ループ電圧利得:最小1000000
- 消費電流:1.2mA
- スルーレート:0.4V/ μ s
- 利得帯域幅:1.1MHz
- 低ノイズ:1kHzで13nV/ \sqrt Hz
- 高さの低い(1mm)ThinSOTTMパッケージ

アプリケーション

- 熱電対アンプ
- ブリッジ・トランステューサ・コンディショナ
- 計測アンプ
- バッテリ駆動システム
- フォト電流アンプ

概要

LT[®]1880は、高精度入力性能とレール・トゥ・レール出力振幅をSOT-23パッケージで実現したオペアンプです。入力オフセット電圧は150 μ V未満に調整され、ドリフトが低いため全動作温度範囲にわたってこの精度を維持します。入力バイアス電流がきわめて低く、最大900pAです。

このアンプは、2.7Vから36Vまでの全電源電圧で動作します(5Vから±15Vで完全に仕様を規定)。このアンプの出力電圧は、負電源の55mV以内および正電源の250mV以内まで振幅し、低電圧単一電源動作に適しています。

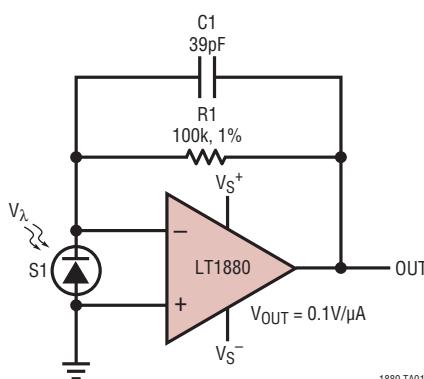
0.4V/ μ sのスルーレートと1.2mAの消費電流により、低消費電力高精度アンプとして卓越した応答時間およびセッティング時間を達成しています。

LT1880は5ピンSOT-23パッケージで供給されます。

L、**LT**、**LTC**、**LTM**、**Linear Technology**とLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。ThinSOTはリニアテクノロジー社の商標です。他の全ての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

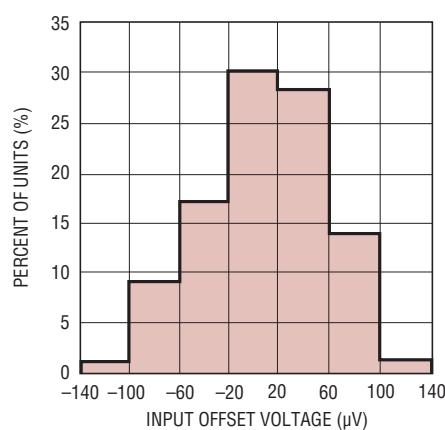
標準的応用例

精密フォトダイオード・アンプ



320 μ V出力オフセット、温度範囲0 $^{\circ}$ C～70 $^{\circ}$ C、
帯域幅60kHzにおけるワースト・ケース
5.8 μ s立ち上がり時間、10%～90%、100mV出力ステップ
52 μ V_{RMS}出力ノイズ、BW 100kHz、
 $V_S = \pm 1.5V \sim \pm 18V$ にて測定
S1:SIEMENS INFINEON BPW21 PHOTODIODE(-580pF)

入力オフセット電圧分布



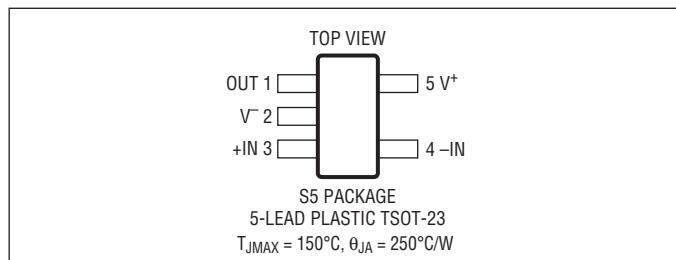
1880 TA01b

絶対最大定格

(Note 1,2)

電源電圧 ($V^+ \sim V^-$)	40V
差動入力電圧 (Note 2)	$\pm 10V$
入力電圧	$V^+ \sim V^-$
入力電流 (Note 2)	$\pm 10mA$
出力短絡時間 (Note 3)	無期限
動作温度範囲 (Note 4)	$-40^\circ C \sim 85^\circ C$
規定温度範囲 (Note 5)	$-40^\circ C \sim 85^\circ C$
最大接合部温度	$150^\circ C$
保存温度範囲	$-65^\circ C \sim 150^\circ C$
リード温度(半田付け、10秒)	$300^\circ C$

ピン配置



発注情報

鉛フリー仕様	テープアンドリール	製品マーキング	パッケージ	温度範囲
LT1880CS5#PBF	LT1880CS5#TRPBF	LTUM	5-Lead Plastic TSOT-23	$0^\circ C$ to $70^\circ C$
LT1880IS5#PBF	LT1880IS5#TRPBF	LTVW	5-Lead Plastic TSOT-23	$-40^\circ C$ to $85^\circ C$

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

非標準の鉛ベース仕様の製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

鉛フリー仕様の製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandreel/> をご覧ください。

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ C$ での値。注記がない限り、 $V_S = 5V, 0V; V_{CM} = 2.5V$ 。 (Note 5)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{OS}	Input Offset Voltage	$0^\circ C < T_A < 70^\circ C$ $-40^\circ C < T_A < 85^\circ C$	● ●	40 200 250	150	μV
	Input Offset Voltage Drift (Note 6)	$0^\circ C < T_A < 70^\circ C$ $-40^\circ C < T_A < 85^\circ C$	● ●	0.3 0.3	1.2 1.2	$\mu V/\circ C$
I_{OS}	Input Offset Current	$0^\circ C < T_A < 70^\circ C$ $-40^\circ C < T_A < 85^\circ C$	● ●	150 1200 1400	900	pA
I_B	Input Bias Current	$0^\circ C < T_A < 70^\circ C$ $-40^\circ C < T_A < 85^\circ C$	● ●	150 1200 1500	900 pA pA	pA
	Input Noise Voltage	0.1Hz to 10Hz		0.5		μV_{p-p}
e_n	Input Noise Voltage Density	f = 1kHz		13		nV/ \sqrt{Hz}
i_n	Input Noise Current Density	f = 1kHz		0.07		pA/ \sqrt{Hz}
R_{IN}	Input Resistance	Differential Common Mode, $V_{CM} = 1V$ to $3.8V$		380 210		M Ω G Ω
C_{IN}	Input Capacitance			3.7		pF
V_{CM}	Input Voltage Range		●	($V^- + 1.0$)	($V^+ - 1.2$)	V

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_S = 5\text{V}, 0\text{V}; V_{CM} = 2.5\text{V}_o$ 。(Note 5)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$1\text{V} < V_{CM} < 3.8\text{V}$	●	116	135	dB
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V^- = 0\text{V}, V_{CM} = 1.5\text{V}; 2.7\text{V} < V^+ < 32\text{V}$	●	110	135	dB
	Minimum Operating Supply Voltage		●	2.4	2.7	V
A_{VOL}	Large Signal Voltage Gain	$R_L = 10\text{k}; 1\text{V} < V_{OUT} < 4\text{V}$	●	500	1600	V/mV
		$R_L = 2\text{k}; 1\text{V} < V_{OUT} < 4\text{V}$	●	400	800	V/mV
		$R_L = 1\text{k}; 1\text{V} < V_{OUT} < 4\text{V}$	●	300	400	V/mV
V_{OL}	Output Voltage Swing Low	No Load	●	20	55	mV
		$I_{SINK} = 100\mu\text{A}$	●	35	65	mV
		$I_{SINK} = 1\text{mA}$	●	130	200	mV
V_{OH}	Output Voltage Swing High (Referred to V^+)	$V^+ = 5\text{V}; \text{No Load}$	●	130	250	mV
		$V^+ = 5\text{V}; I_{SOURCE} = 100\mu\text{A}$	●	150	270	mV
		$V^+ = 5\text{V}; I_{SOURCE} = 1\text{mA}$	●	220	380	mV
I_S	Supply Current per Amplifier	$V^+ = 3\text{V}$	●	1.2	1.8	mA
		$V^+ = 5\text{V}$	●	1.2	1.9	mA
		$V^+ = 12\text{V}$	●	1.35	2	mA
I_{SC}	Short-Circuit Current	V_{OUT} Short to GND	●	10	18	mA
		V_{OUT} Short to V^+	●	10	20	mA
GBW	Gain-Bandwidth Product	$f = 20\text{kHz}$		0.8	1.1	MHz
t_s	Settling Time	$0.01\%, V_{OUT} = 1.5\text{V} \text{ to } 3.5\text{V}$ $A_V = -1, R_L = 2\text{k}$		10		μs
FPBW	Full Power Bandwidth (Note 7)	$V_{OUT} = 4\text{V}_{P-P}$		32		kHz
THD	Total Harmonic Distortion and Noise	$V_0 = 2\text{V}_{P-P}, A_V = -1, f = 1\text{kHz}, R_f = 1\text{k}, BW = 22\text{kHz}$ $V_0 = 2\text{V}_{P-P}, A_V = 1, f = 1\text{kHz}, R_L = 10\text{k}, BW = 22\text{kHz}$		0.002		%
SR ⁺	Slew Rate Positive	$A_V = -1$	●	0.25	0.4	V/μs
SR ⁻	Slew Rate Negative	$A_V = -1$	●	0.25	0.55	V/μs
				0.25		V/μs

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_S = \pm 15\text{V}, V_{CM} = 0\text{V}_o$ 。(Note 5)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{OS}	Input Offset Voltage			40	150	μV
		$0^\circ\text{C} < T_A < 70^\circ\text{C}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < 85^\circ\text{C}$	●	200		μV
	Input Offset Voltage Drift (Note 6)			250		μV
		$0^\circ\text{C} < T_A < 70^\circ\text{C}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < 85^\circ\text{C}$	●	0.3	1.2	μV/°C
I_{OS}	Input Offset Current			0.3	1.2	μV/°C
		$0^\circ\text{C} < T_A < 70^\circ\text{C}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < 85^\circ\text{C}$	●	0.3	1.2	μV/°C
I_B	Input Bias Current			150	900	pA
		$0^\circ\text{C} < T_A < 70^\circ\text{C}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < 85^\circ\text{C}$	●	1200		pA
	Input Noise Voltage			1400		pA
		$0.1\text{Hz} \text{ to } 10\text{Hz}$	●	1500		pA
				150	900	pA
				1200		pA
				1500		pA
				0.5		μV/p-p

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_S = \pm 15\text{V}$; $V_{CM} = 0\text{V}$ 。(Note 5)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
e_n	Input Noise Voltage Density	$f = 1\text{kHz}$		13		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
i_n	Input Noise Current Density	$f = 1\text{kHz}$		0.07		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
R_{IN}	Input Resistance	Differential Common Mode, $V_{CM} = -13.5\text{V}$ to 13.5V		380 190		$\text{M}\Omega$ $\text{G}\Omega$
C_{IN}	Input Capacitance			3.7		pF
V_{CM}	Input Voltage Range		●	-13.5	13.5	V
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$-13.5\text{V} < V_{CM} < 13.5\text{V}$	●	118	135	dB
+PSRR	Positive Power Supply Rejection Ratio	$V^- = -15\text{V}$, $V_{CM} = 0\text{V}$; $1.5\text{V} < V^+ < 18\text{V}$	●	110	135	dB
-PSRR	Negative Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 15\text{V}$, $V_{CM} = 0\text{V}$; $-1.5\text{V} < V^- < -18\text{V}$	●	110	135	dB
	Minimum Operating Supply Voltage		●	± 1.2	± 1.35	V
A_{VOL}	Large Signal Voltage Gain	$R_L = 10\text{k}\Omega$; $-13.5\text{V} < V_{OUT} < 13.5\text{V}$		1000	1600	V/mV
		$R_L = 2\text{k}\Omega$; $-13.5\text{V} < V_{OUT} < 13.5\text{V}$	●	700		V/mV
			●	500	1000	V/mV
			●	300		V/mV
V_{OL}	Output Voltage Swing Low (Referred to V_{EE})	No Load	●	25	65	mV
		$I_{SINK} = 100\mu\text{A}$	●	35	75	mV
		$I_{SINK} = 1\text{mA}$	●	130	200	mV
V_{OH}	Output Voltage Swing High (Referred to V_{CC})	No Load	●	185	350	mV
		$I_{SINK} = 100\mu\text{A}$	●	195	370	mV
		$I_{SINK} = 1\text{mA}$	●	270	450	mV
I_S	Supply Current per Amplifier			1.5	2.3	mA
			●	1.8	2.8	mA
I_{SC}	Short-Circuit Current	V_{OUT} Short to V^-		10	25	mA
			●	10	25	mA
		V_{OUT} Short to V^+		10	20	mA
			●	10	20	mA
FPBW	Full Power Bandwidth (Note 7)	$V_{OUT} = 14\text{V}_{P-P}$			9	kHz
GBW	Gain Bandwidth Product	$f = 20\text{kHz}$		0.8	1.1	MHz
THD	Total Harmonic Distortion and Noise	$V_0 = 25\text{V}_{P-P}$, $A_V = -1$, $f = 100\text{kHz}$, $R_f = 10\text{k}\Omega$, $BW = 22\text{kHz}$ $V_0 = 25\text{V}_{P-P}$, $A_V = 1$, $f = 100\text{kHz}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, $BW = 22\text{kHz}$			0.00029 0.00029	% %
SR ⁺	Slew Rate Positive	$A_V = -1$	●	0.25 0.2	0.4	$\text{V}/\mu\text{s}$ $\text{V}/\mu\text{s}$
SR ⁻	Slew Rate Negative	$A_V = -1$	●	0.25 0.2	0.55	$\text{V}/\mu\text{s}$ $\text{V}/\mu\text{s}$

Note 1: 絶対最大定格はそれを超えるとデバイスに永続的な損傷を与える可能性がある値。また、絶対最大定格状態が長時間続くと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える恐れがある。

Note 2: 入力はパック・トゥ・パック・ダイオードで保護される。差動入力電圧が10Vを超えた場合、入力電流は10mA以下に制限される。アプリケーション情報を参照。

Note 3: 接合部温度を絶対最大定格以下に抑えるためにヒートシンクが必要な場合がある。

Note 4: LT1880CとLT1880Iは-40°C～85°Cの動作温度範囲で動作することが保証されている。

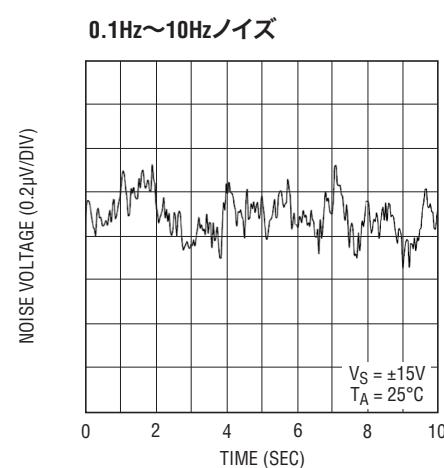
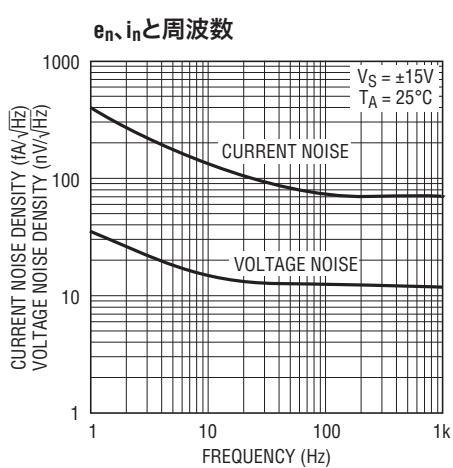
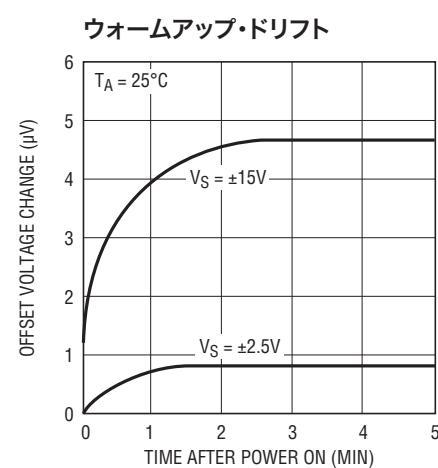
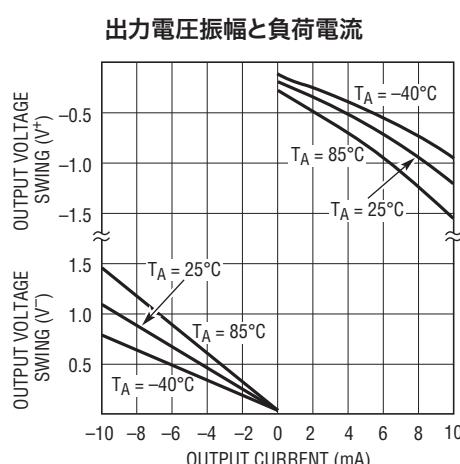
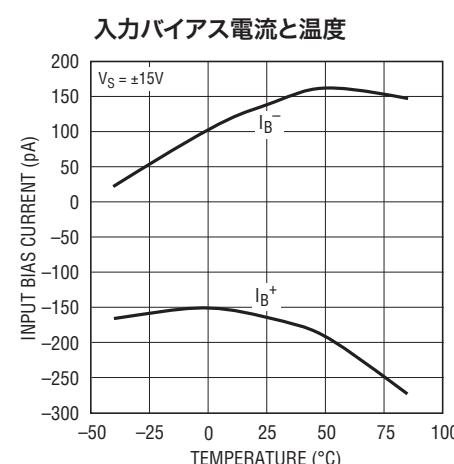
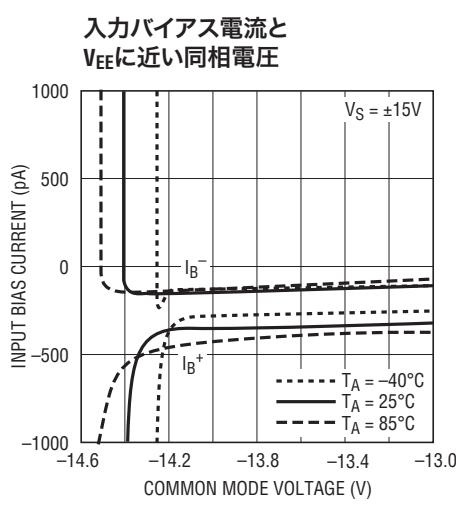
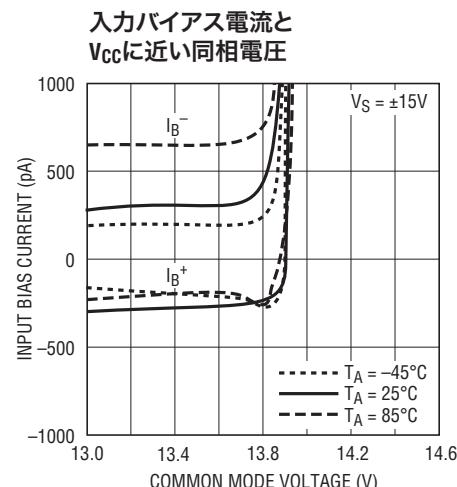
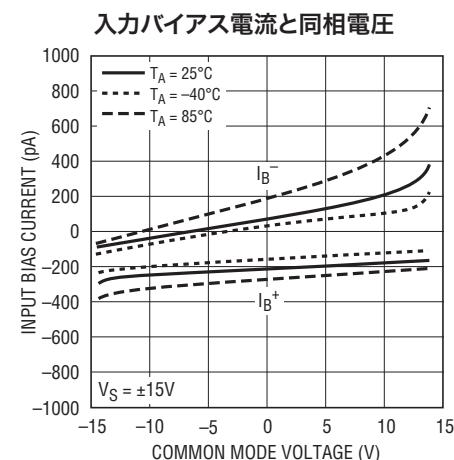
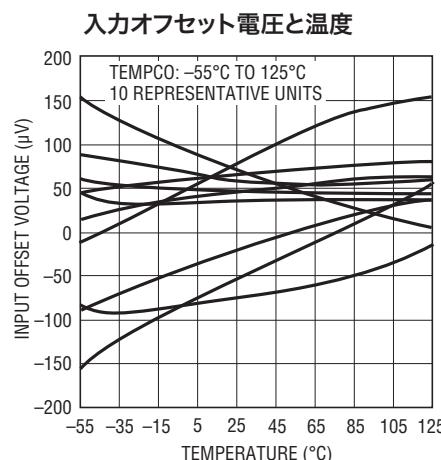
Note 5: LT1880Cは0°C～70°Cの温度範囲で性能仕様に適合することが保証されており、-40°C～85°Cの温度範囲で性能仕様に適合するよう設計され、特性が評価されており、性能仕様に適合すると予想されるが、これらの温度ではテストされないし、QAサンプリングも行われない。LT1880Iは-40°C～85°Cの温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。

Note 6: このパラメータに対しては、全数テストは実施されない。

Note 7: フルパワー帯域幅はスルーレートから計算される。

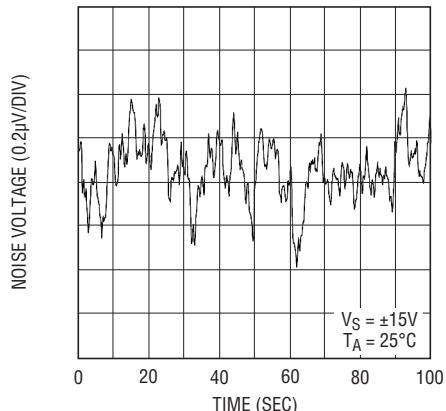
$$\text{FPBW} = \text{SR}/(2\pi V_p)$$

標準的性能特性



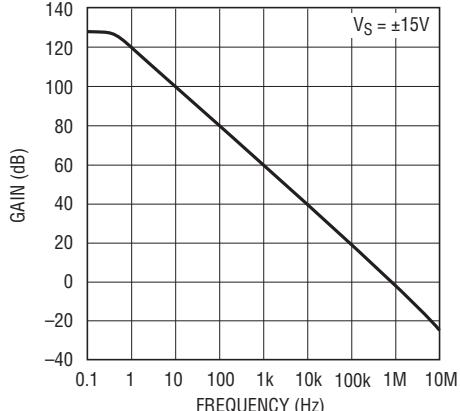
標準的性能特性

0.01Hz~1Hzノイズ



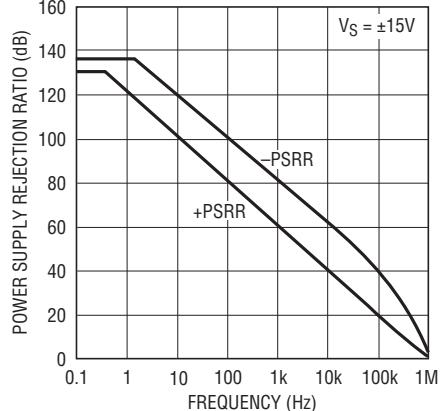
1880 G09b

利得と周波数



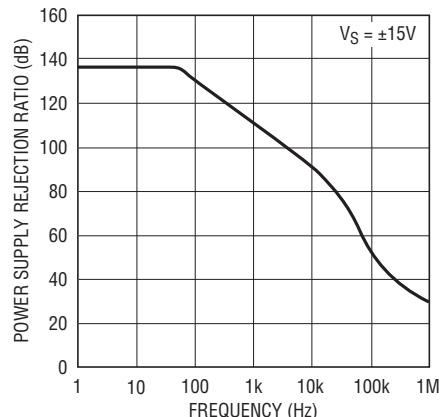
1880 G10

PSRRと周波数



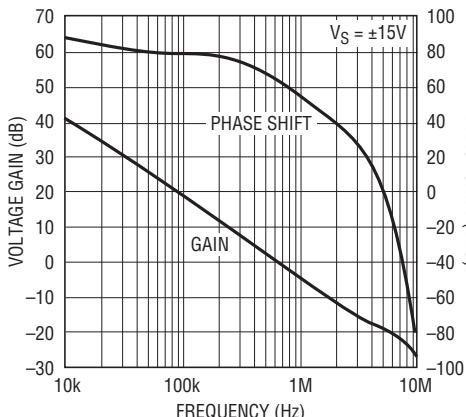
1880 G11

CMRRと周波数



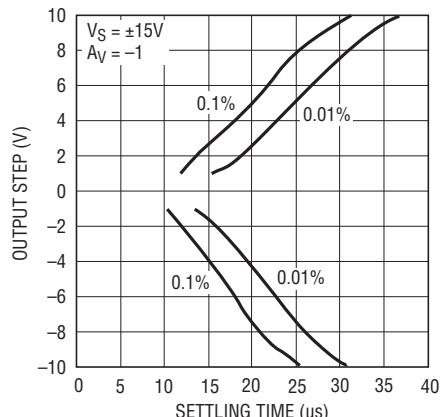
1880 G12

利得および位相と周波数



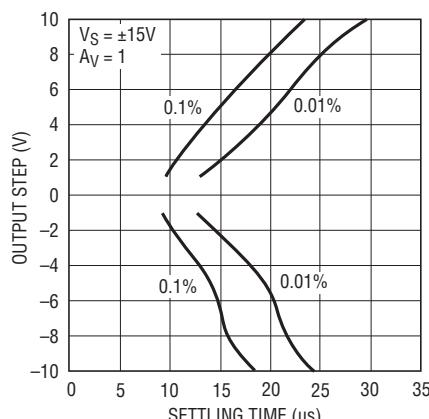
1880 G13

セッティング時間と出力ステップ



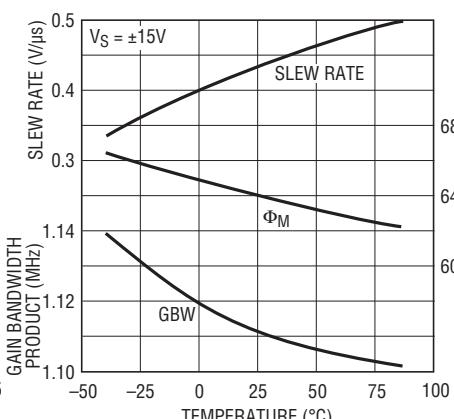
1880 G14

セッティング時間と出力ステップ



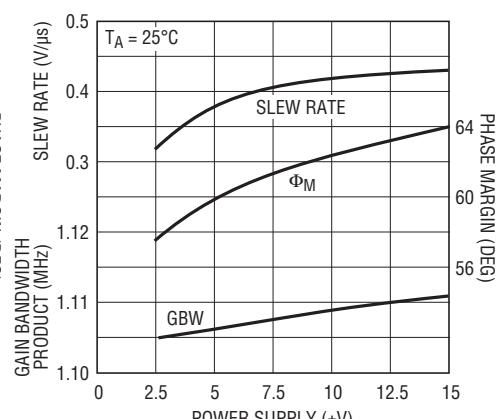
1880 G15

スルーレート、利得帯域幅
および位相マージンと温度



1880 G16

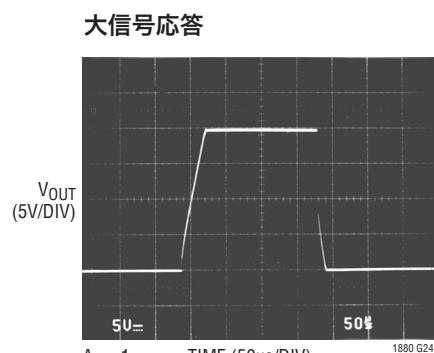
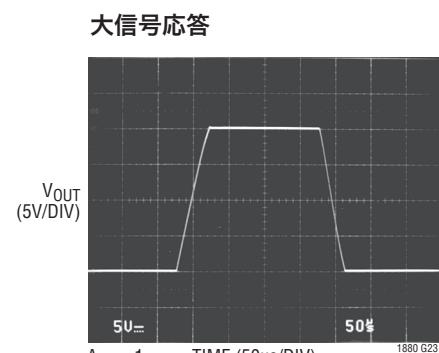
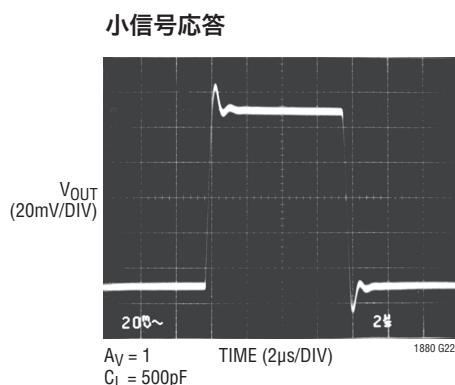
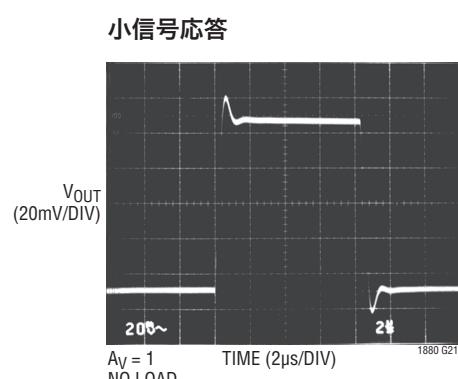
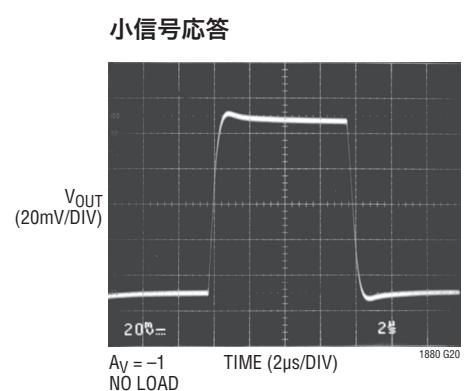
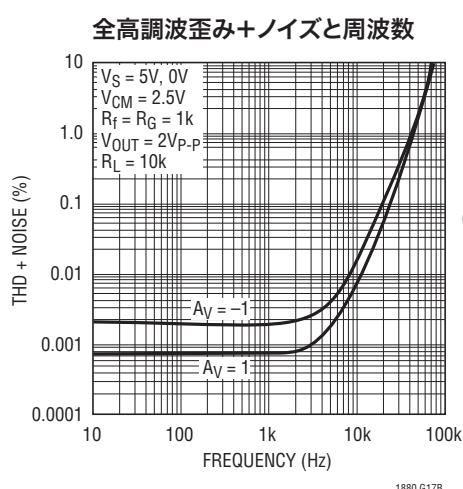
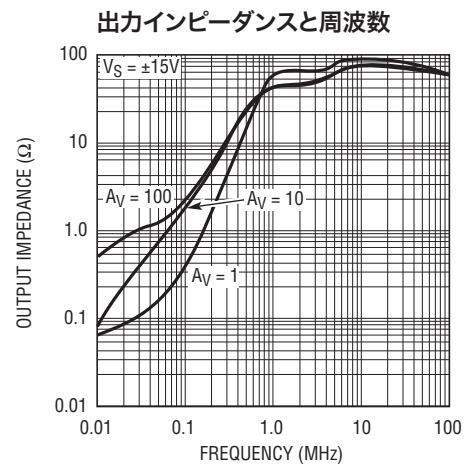
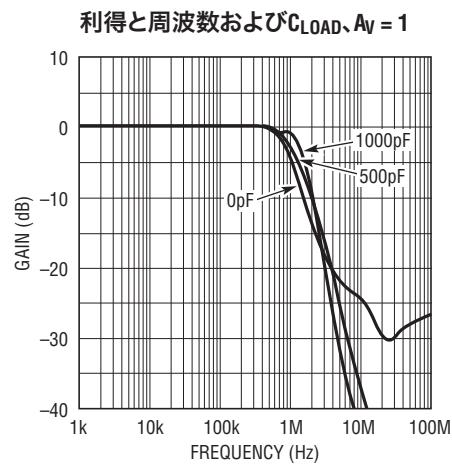
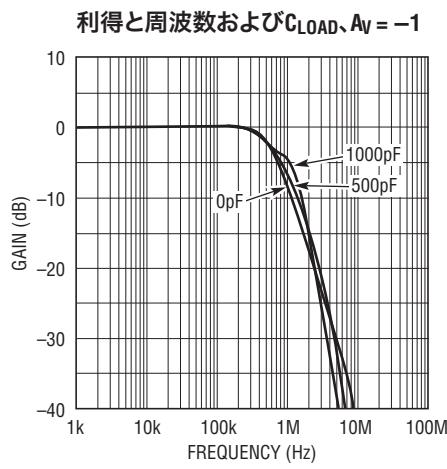
スルーレート、利得帯域幅
および位相マージンと電源電圧



1880 G17

1880fa

標準的性能特性



アプリケーション情報

LT1880は高精度入力性能とレール・トゥ・レール出力振幅を実現したシングル・オペアンプです。スルーレートと小信号帯域幅は同様の入力精度を持つ他のアンプより優れています。これらの特性によりLT1880は低電圧精密システムや高電圧精密システムでのAC性能の改善のための有効な選択肢となります。このアンプに本来備わっている有益な利点を活かすには適切なアプリケーション回路設計と基板レイアウトが必要です。

入力精度の維持

LT1880の入力電圧精度を保つにはアプリケーション回路と基板レイアウトにより $40\mu V$ のオフセットと同等またはそれより大きなエラーが生じないことが必要です。入力間の温度差は数十 μ ボルトの熱電対電圧を発生することがあります。アンプの入力ピンへの配線は一緒に近づけて、また熱源となる部品からは遠ざけてPCボードでレイアウトします。基板上のエアフローにより温度差が発生することがあります。

150pAの超低入力バイアス電流により、高インピーダンスのソースと帰還回路でも高精度を維持することができます。LT1880の低入力バイアス電流は内蔵のキャンセル回路を使用して実現しています。これにより、(I_{OS} と I_{BIAS} の仕様が同等であることが示しているように) I_{BIAS}^+ と I_{BIAS}^- には相関がなくなります。多くのアンプで一般的に推奨されているそれぞれの入力抵抗のバランスを取る必要は有りません。双方の入力インピーダンスは全回路のエラーを最小とするよう出来る限り小さくします。

PCボードのレイアウトはそのリーク電流がアンプの低 I_{BIAS} に影響しないことを保証するため重要です。高精度、高インピーダンス回路では、PCボードの配線を使って、アンプの入力と同じ同相電圧で駆動されるガードリングを入力ピンに施すべきです。

入力同相範囲

LT1880の出力はそれぞれの電源電圧付近まで振幅することができますが、入力段の動作は $V^- + 1V$ と $V^+ - 1.2V$ の間に制限されます。この同相範囲を超えると利得がゼロに下がりますが利得の反転は起きません。

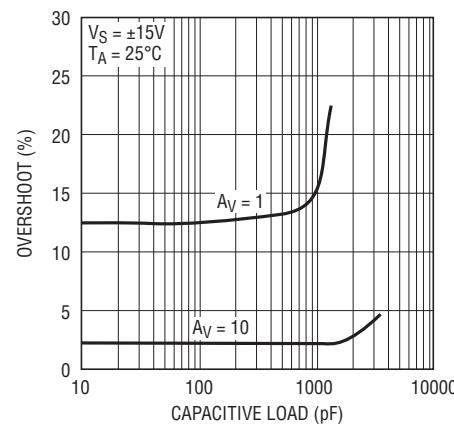
入力保護

LT1880の反転入力と非反転入力には内部保護回路がありますが限界があります。ESD保護はハンドリングでのダメージを防止します。入力トランジスタには電圧クラップがあり制限抵抗は10Vまでの入力電位差を保護します。このレベル以上でも短時間の過渡には耐性が有ります。入力ピンの差動電圧が10V以上を維持する場合はアンプへのダメージを予防するため外付けの制限抵抗を利用します。1kの入力抵抗は30Vまでの差動電圧に対して保護します。

容量性負荷

LT1880は600pFまでの容量性負荷をユニティゲインで駆動できます。このアンプをもっと高い利得構成で使用すると、容量性負荷の駆動能力が増大します、容量性負荷応答のグラフを参照下さい。出力と負荷の間に小さな直列抵抗を入れると、アンプが駆動できる容量がさらに増加します。

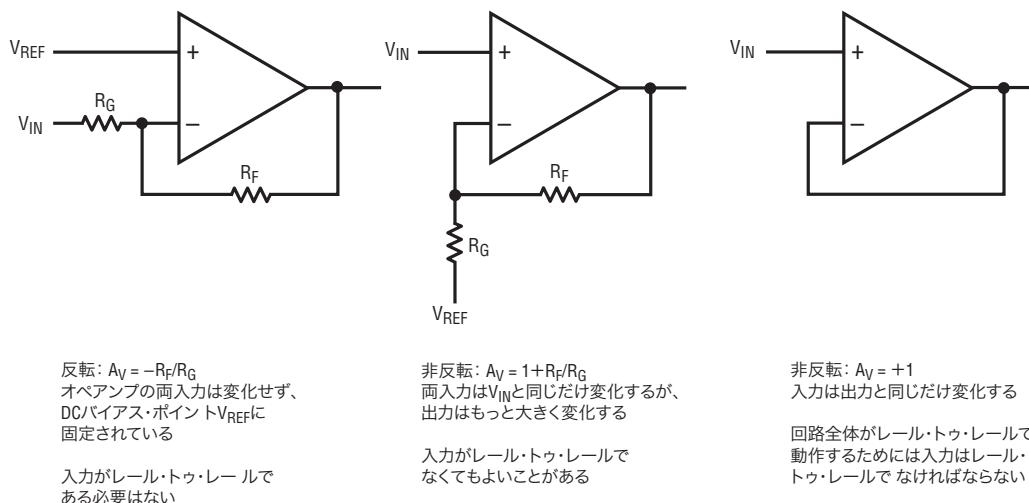
容量性負荷応答



レール・トゥ・レール入力無しでレール・トゥ・レール動作を実現

LT1880はレール・トゥ・レール入力ではありませんが、ほとんどの反転アプリケーションおよび非反転利得のアプリケーションでは、レール・トゥ・レール入力は重要ではありません。図1に、オペアンプの基本構成、オペアンプの入力で何が生じるか、さらにオペアンプにレール・トゥ・レール入力が必要か否かを示します。

アプリケーション情報



1880 F01

図1. オペアンプの構成法によってはレール・トゥ・レール
出力を得るのにレール・トゥ・レール入力は不要

図2の回路は反転の場合の極端な例を示しています。1Mの抵抗に加わる入力電圧は±13.5Vまで振幅することができ、LT1880は入力電圧の1/10の反転電圧を出力します。利得精度は抵抗によって0.2%へ制限されます。これは、出力を基準にすると、1.35Vの出力に対して2.7mVの誤差になります。40pVの入力オフセット電圧プラス入力バイアス電流に約100kの等価ソース・インピーダンスを掛けた誤差による寄与は無視できます。

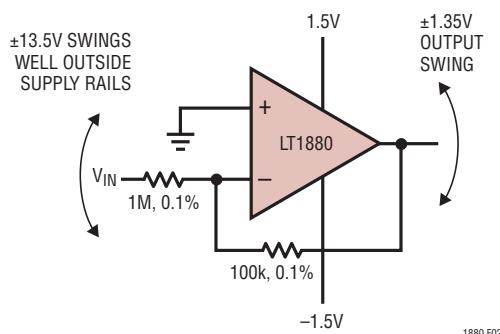
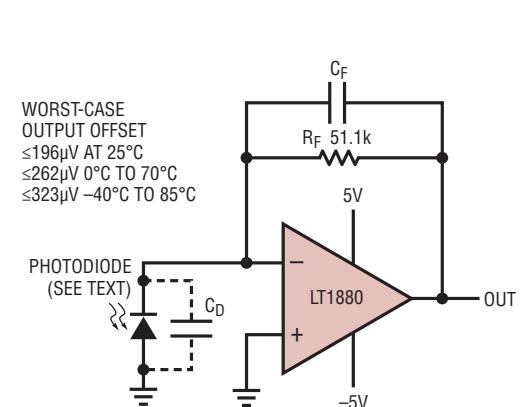
図2. 極端な反転の場合: オペアンプの電源レールを大きく超えて
振幅する入力電圧でも正しく動作する回路

図3. 精密フォトダイオード・アンプ

アプリケーション情報

トランジンピーダンス利得は R_F によって $51.1\text{k}\Omega$ に設定されます。応答時間が問題にならない場合はフィードバック・コンデンサ C_F を好きなだけ大きくすることができます。あるいは、フォトダイオードの容量 C_D が与えられている場合、応答を最大限フラットにしてできるだけ広いバンド幅になるようにコンデンサ C_F を選ぶことができます。最大限フラットな応答を得るために、 C_D に対する C_F および立ち上がり時間のグラフを図4に示します。全出力オフセットは全温度範囲($0^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$)で $262\mu\text{V}$ (最悪値)以下です。したがって、5Vの出力振幅では、最低 86dB のダイナミックレンジが全温度範囲($0^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$)で維持され、フルスケールのフォトダイオード電流は $98\mu\text{A}$ となります。

プラチナRTD用単一電源電流源

LT1880は精密低バイアス電流入力段を備えているので、精密積分器および電流源に最適です。LT1880を使って実現した4

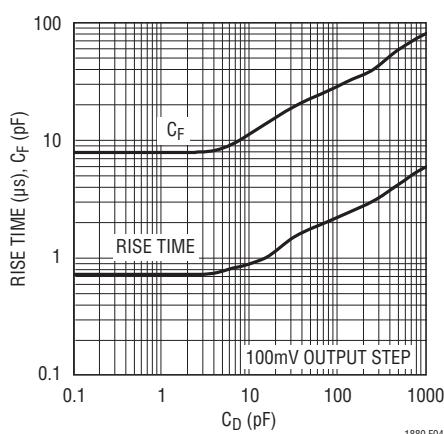
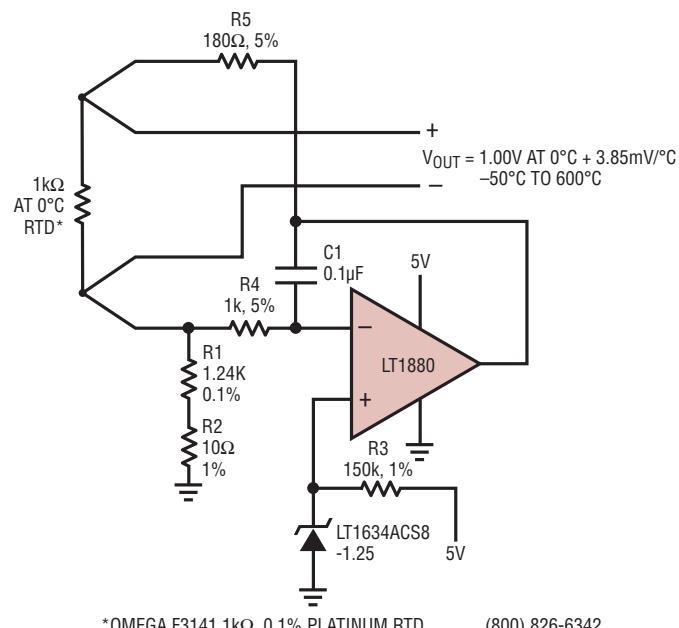


図4. フィードバック C_F および立ち上がり時間とフォトダイオード C_D

線接続のリモート $1\text{k}\Omega$ RTD用の簡単な精密電流源を図5に示します。LT1634リファレンスを使って、LT1880の非反転入力を 1.25V を印加します。LT1880は、反転入力を非反転入力と同じ 1.25V に保ちます。これは R_1 と R_2 によって設定される合計 $1.25\text{k}\Omega$ の抵抗とRTDを介して 1mA の電流を流すことにより実現されます。精度の要求されない R_4 および C_1 によって回路の安定性が確保されます。これらが無いと、安定性は過度にケーブル特性の影響を受けます。 R_5 も精度は要求されず、ESD耐性を改善し、ケーブル容量をLT1880の出力からデカップリングするために接続されています。4線ケーブルを使うとケルビン法によるRTD電圧の検出が可能で、ケーブルのIR降下分を電圧測定から除去します。 1mA 流すと、 $1\text{k}\Omega$ のRTDの両端の電圧は 0°C で 1V となり、温度による変化は $3.85\text{mV}/^\circ\text{C}$ です。この電圧は様々な方法で簡単に測定できます。最適な方法は注目する温度領域および電圧測定に使用する特定のADCに依存します。

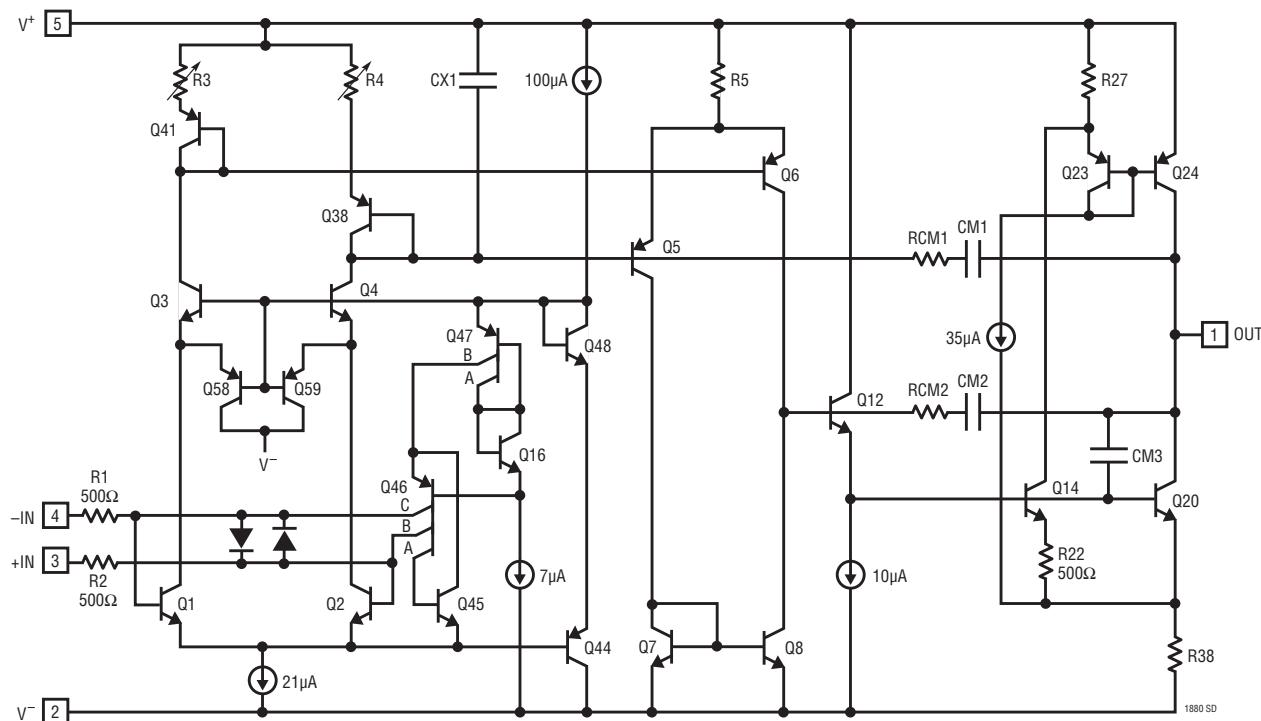


*OMEGA F3141 1kΩ, 0.1% PLATINUM RTD (800) 826-6342

1880 F05

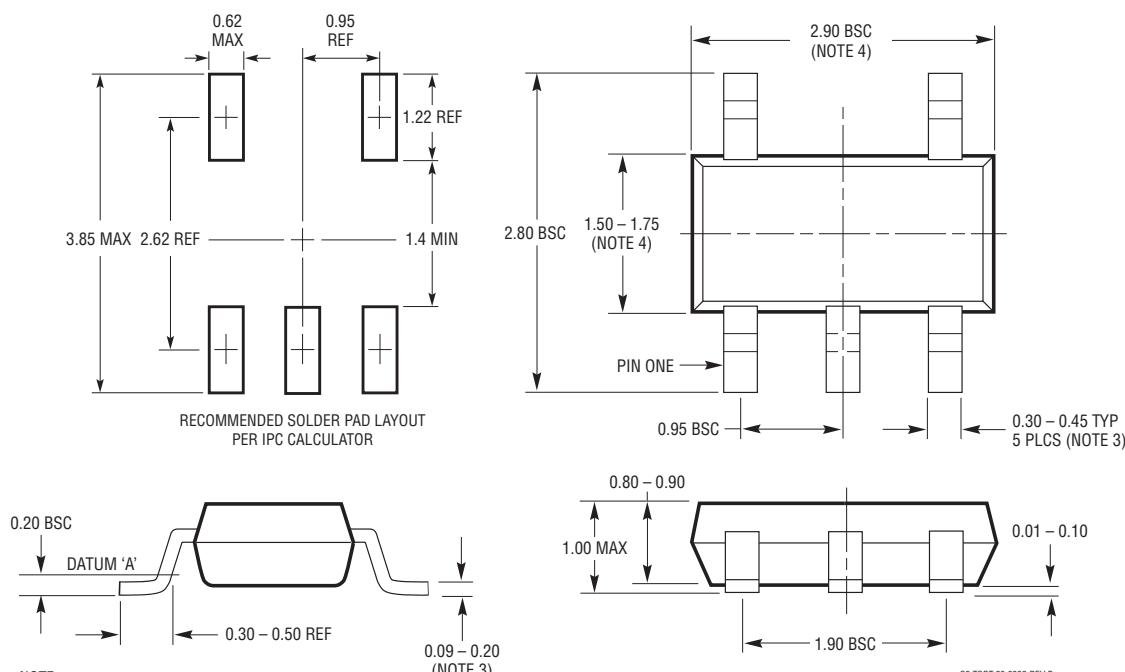
図5. プラチナRTD用単一電源電流源

簡略回路図



パッケージ

S5 パッケージ
5ピン・プラスチック TSOT-23
(Reference LTC DWG # 05-08-1635)



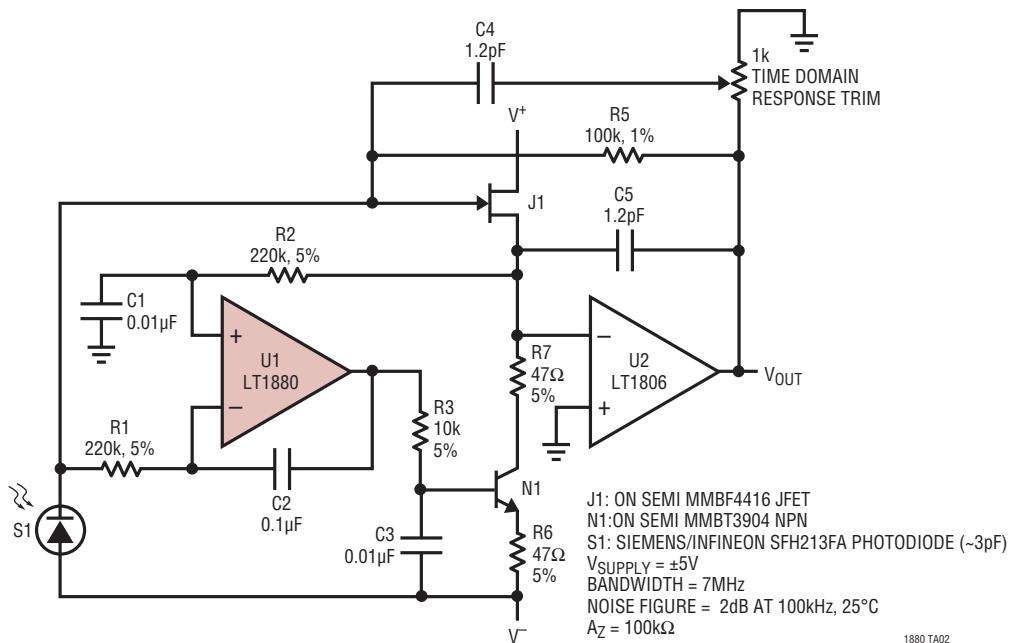
NOTE:
1. 寸法はミリメートル
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法には半田を含む

4. 寸法にはモールドのバリやメタルのバリを含まない
5. モールドのバリは0.254mmを超えてはならない
6. JEDEC パッケージ参照番号はMO-193

S5 TSOT-23 0302 REV B

標準的応用例

全てSOT-23でのJFET入力トランスインピーダンス・フォトダイオード・アンプ



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1782	汎用SOT-23オペアンプ	レール・トゥ・レールI/O
LT1792	低ノイズJFETオペアンプ	$4.2nV/\sqrt{Hz}$
LT1881/LT1882	デュアル/クワッド高精度オペアンプ	50μV V _{OS} (MAX)、200pA I _B (MAX) レール・トゥ・レール出力
LTC2050	ゼロ・ドリフト・オペアンプSOT-23	3μV V _{OS} (MAX) レール・トゥ・レール出力
LT6010	135μAレール・トゥ・レール	LT1880の低電力バージョン高精度オペアンプ