

電源電流 10 μ A、低 I_B の ゼロドリフト・オペアンプ

特長

- 低電源電流: 10 μ A (最大)
- オフセット電圧: 5 μ V (最大)
- オフセット電圧のドリフト: 最大 0.02 μ V/ $^{\circ}$ C
- 入力バイアス電流
 - 標準 5pA
 - 最大 50pA、 -40° C $\sim$ 85 $^{\circ}$ C
 - 最大 150pA、 -40° C $\sim$ 125 $^{\circ}$ C
- EMI フィルタ内蔵 (1.8GHz での除去比: 90dB)
- シャットダウン電流: 170nA (最大)
- レール・トゥ・レールの入力および出力
- 動作電源電圧範囲: 1.7V $\sim$ 5.25V
- A_{VOL} : 標準 140dB
- 電源投入時の電荷損失が少ないことにより、
デューティ・サイクル制御アプリケーションに対応
- 規定温度範囲:
 - -40° C $\sim$ 85 $^{\circ}$ C
 - -40° C $\sim$ 125 $^{\circ}$ C
- 6ピン SC70、5ピン TSOT-23 パッケージ

アプリケーション

- ワイヤレス・メッシュ・ネットワークでの
シグナル・コンディショニング
- ポータブル機器システム
- 低消費電力のセンサ・コンディショニング
- ガス検出
- 温度測定
- 医療機器
- 環境発電 (エナジーハーベスト) アプリケーション
- 低消費電力の電流検出

概要

LTC[®]2066 は、シングル、低消費電力、ゼロドリフトの 100kHz アンプです。LTC2066 を使用すると、きわめて低い消費電力レベルで分解能の高い測定が可能になります。

電源電流は標準値が 7.5 μ A で、最大値は 10 μ A です。使用可能なシャットダウン・モードは、デューティ・サイクル制御アプリケーションでの消費電力を最小限に抑えるよう最適化されており、電源投入時の電荷損失が少ないので、システム全体の消費電力が低減されます。

LTC2066 は自己較正回路を内蔵しているため、入力オフセット電圧 (最大 5 μ V) およびオフセット・ドリフト (0.02 μ V/ $^{\circ}$ C) が非常に小さくなります。入力バイアス電流の最大値はわずか 35pA であり、規定の全温度範囲で 150pA を超えることはありません。LTC2066 は入力バイアス電流がきわめて少ないので、値の大きい省電力抵抗を帰還回路網に使用することができます。

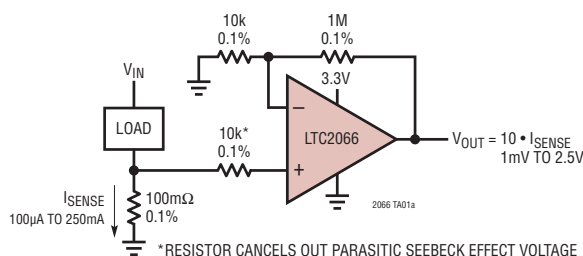
LTC2066 は、超低静止電流で精度がきわめて優れているので、携帯機器、環境発電、ワイヤレス・センサの各アプリケーションで、シグナルチェーンの構成要素として機能することができます。

LTC2066 は 6 ピン SC70 パッケージおよび 5 ピン TSOT-23 パッケージで供給されており、 -40° C $\sim$ 85 $^{\circ}$ C および -40° C $\sim$ 125 $^{\circ}$ C の温度範囲で完全に規定されています。

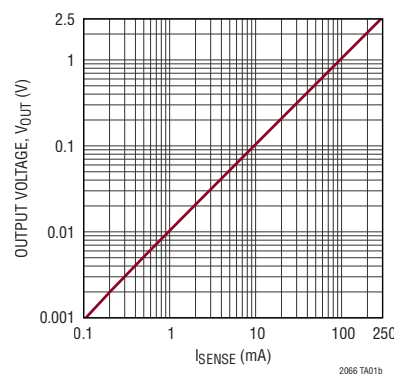
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

高精度マイクロパワー・ローサイド電流検出



マイクロパワー・ローサイド電流検出回路の出力電圧



LTC2066

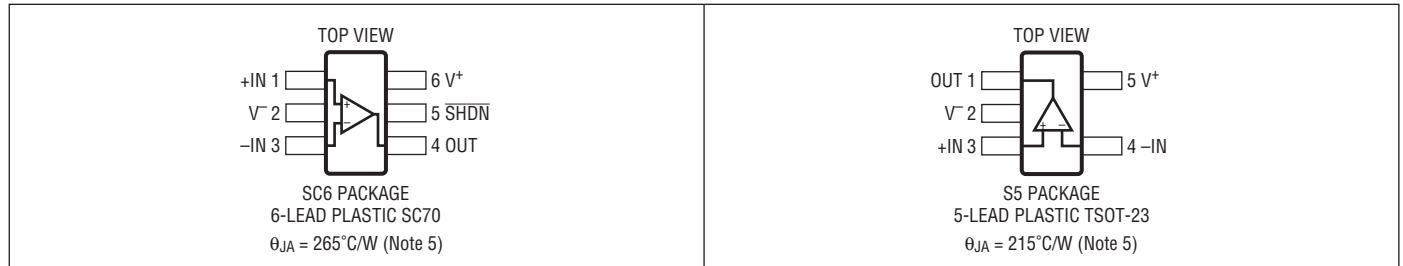
絶対最大定格

(Note 1)

全電源電圧 (V^+ ~ V^-) 5.5V
差動入力電流 (+IN と -IN の間) (Note 2) $\pm 10\text{mA}$
差動入力電圧 (+IN と -IN の間) 5.5V
入力電圧
+IN、-IN、 $\overline{\text{SHDN}}$ (V^-) - 0.3V ~ (V^+) + 0.3V
入力電流
+IN、-IN、 $\overline{\text{SHDN}}$ (Note 2) $\pm 10\text{mA}$

出力短絡時間 (Note 3) 温度により制限
動作温度範囲と規定温度範囲 (Note 4)
LTC2066I $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$
LTC2066H $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$
最大接合部温度 150°C
保存温度範囲 $-65^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$

ピン配置



発注情報

<http://www.linear-tech.co.jp/product/LTC2066#orderinfo>

テープ・アンド・リール(ミニ)	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
LTC2066ISC6#TRMPBF	LTC2066ISC6#TRPBF	LHDB	6ピン・プラスチック SC70	$-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$
LTC2066HSC6#TRMPBF	LTC2066HSC6#TRPBF	LHDB	6ピン・プラスチック SC70	$-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$
LTC2066IS5#TRMPBF	LTC2066IS5#TRPBF	LTHCZ	5ピン・プラスチック TSOT-23	$-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$
LTC2066HS5#TRMPBF	LTC2066HS5#TRPBF	LTHCZ	5ピン・プラスチック TSOT-23	$-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$

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。* 温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。
製品名の末尾が PBF のデバイスは RoHS および WEEE に準拠しています。

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/tapeandree/> をご覧ください。

一部のパッケージは、#TRMPBF 接尾部を付けることにより、指定の販売経路を通じて 500 個入りのリールで供給可能です。

電氣的特性

●は全動作温度範囲で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、 $V_S = 1.8\text{V}$ 、 $V_{CM} = V_{OUT} = V_S/2$ 、 $V_{SHDN} = 1.8\text{V}$ 、 R_L は $V_S/2$ に接続。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{OS}	Input Offset Voltage (Note 6)			1	± 5 ± 10	μV μV
$\Delta V_{OS}/\Delta T$	Input Offset Voltage Drift (Note 6)	-40°C to 85°C -40°C to 125°C			± 0.03 ± 0.05	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_B	Input Bias Current	-40°C to 85°C -40°C to 125°C		± 2	± 30 ± 50 ± 150	pA pA pA
I_{OS}	Input Offset Current	-40°C to 85°C -40°C to 125°C		± 4	± 30 ± 50 ± 150	pA pA pA
i_n	Input Noise Current Spectral Density	$f \leq 100\text{Hz}$		35		$\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
e_n	Input Noise Voltage Spectral Density	$f \leq 100\text{Hz}$		90		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
e_n P-P	Input Noise Voltage	DC to 10Hz		1.9		μV_{P-P}
C_{IN}	Input Capacitance	Differential Common Mode		3.3 3.5		pF pF
V_{CMR}	Input Voltage Range	Guaranteed by CMRR		$(V^-) - 0.1$	$(V^+) + 0.1$	V
CMRR	Common Mode Rejection Ratio (Note 7)	$V_{CM} = (V^-) - 0.1\text{V}$ to $(V^+) + 0.1\text{V}$ $R_L = 499\text{k}$	103 100	123		dB dB
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V_S = 1.7\text{V}$ to 5.25V $R_L = 499\text{k}$	108 106	126		dB dB
A_{VOL}	Open Loop Gain (Note 7)	$V_{OUT} = (V^-) + 0.1\text{V}$ to $(V^+) - 0.1\text{V}$, $R_L = 499\text{k}$	102 100	120		dB dB
V_{OL}	Output Voltage Swing Low ($V_{OUT} - V^-$)	$R_L = 499\text{k}$		0.05		mV
		$R_L = 10\text{k}$		3	10 20	mV mV
V_{OH}	Output Voltage Swing High ($V^+ - V_{OUT}$)	$R_L = 499\text{k}$		0.1		mV
		$R_L = 10\text{k}$		4.5	10 50	mV mV
I_{SC}	Output Short Circuit Current	Sourcing	5.8 4	7.5		mA mA
		Sinking	10.4 5	13		mA mA
SR	Slew Rate	$A_V = +1$		17.5		V/ms
GBW	Gain Bandwidth Product	$R_L = 499\text{k}$		100		kHz
t_{ON}	Power-Up Time			0.4		ms
f_C	Internal Chopping Frequency			25		kHz
V_S	Supply Voltage Range	Guaranteed by PSRR	1.7		5.25	V
I_S	Supply Current	No Load -40°C to 85°C -40°C to 125°C		7.4	10 12.5 20	μA μA μA
		In Shutdown ($SHDN = V^-$) -40°C to 85°C -40°C to 125°C		90	170 250 500	nA nA nA
V_H	$\overline{SHDN}$ Pin Threshold, Logic High (Referred to V^-)		1.0			V
V_L	$\overline{SHDN}$ Pin Threshold, Logic Low (Referred to V^-)				0.65	V
I_{SHDN}	$\overline{SHDN}$ Pin Current	$V_{SHDN} = 0\text{V}$	-150		-20	nA

電氣的特性

●は全動作温度範囲で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、 $V_S = 5\text{V}$ 、 $V_{CM} = V_{OUT} = V_S/2$ 、 $V_{SHDN} = 5\text{V}$ 、 R_L は $V_S/2$ に接続。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{OS}	Input Offset Voltage (Note 6)			1	± 5 ± 10	μV μV
$\Delta V_{OS}/\Delta T$	Input Offset Voltage Drift (Note 6)	-40°C to 85°C -40°C to 125°C			± 0.02 ± 0.04	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_B	Input Bias Current	-40°C to 85°C -40°C to 125°C		± 5	± 35 ± 50 ± 150	pA pA pA
I_{OS}	Input Offset Current	-40°C to 85°C -40°C to 125°C		± 10	± 35 ± 50 ± 150	pA pA pA
i_n	Input Noise Current Spectral Density	$f \leq 100\text{Hz}$		35		$\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
e_n	Input Noise Voltage Spectral Density	$f \leq 100\text{Hz}$		80		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
$e_{n\text{ P-P}}$	Input Noise Voltage	DC to 10Hz		1.7		$\mu\text{V}_{\text{P-P}}$
C_{IN}	Input Capacitance	Differential Common Mode		3.3 3.5		pF pF
V_{CMR}	Input Voltage Range	Guaranteed by CMRR	●	$(V^-) - 0.1$	$(V^+) + 0.1$	V
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = (V^-) - 0.1\text{V}$ to $(V^+) + 0.1\text{V}$ $R_L = 499\text{k}$	●	111 108	134	dB dB
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V_S = 1.7\text{V}$ to 5.25V $R_L = 499\text{k}$	●	108 106	126	dB dB
EMIRR	EMI Rejection Ratio $V_{RF} = 100\text{mV}_{\text{PK}}$ $\text{EMIRR} = 20 \cdot \log(V_{RF}/\Delta V_{OS})$	$f = 400\text{MHz}$ $f = 900\text{MHz}$ $f = 1800\text{MHz}$ $f = 2400\text{MHz}$			66 79 90 76	dB dB dB dB
A_{VOL}	Open Loop Gain	$V_{OUT} = (V^-) + 0.1\text{V}$ to $(V^+) - 0.1\text{V}$, $R_L = 499\text{k}$	●	112 110	140	dB dB
V_{OL}	Output Voltage Swing Low ($V_{OUT} - V^-$)	$R_L = 499\text{k}$ $R_L = 10\text{k}$		0.1		mV mV mV
V_{OH}	Output Voltage Swing High ($V^+ - V_{OUT}$)	$R_L = 499\text{k}$ $R_L = 10\text{k}$		0.15		mV mV mV
I_{SC}	Output Short Circuit Current	Sourcing Sinking	● ●	30 16 20 5	51 48	mA mA mA mA
SR	Slew Rate	$A_V = +1$		17.5		V/ms
GBW	Gain Bandwidth Product	$R_L = 499\text{k}$		100		kHz
t_{ON}	Power-Up Time			0.4		ms
f_C	Internal Chopping Frequency			25		kHz
V_S	Supply Voltage Range	Guaranteed by PSRR	●	1.7	5.25	V
I_S	Supply Current	No Load -40°C to 85°C -40°C to 125°C	● ●	7.5	10 12.5 20	μA μA μA
		In Shutdown ($\overline{\text{SHDN}} = V^-$) -40°C to 85°C -40°C to 125°C	● ●	90	170 250 500	nA nA nA

電気的特性

●は全動作温度範囲で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、 $V_S = 5\text{V}$ 、 $V_{CM} = V_{OUT} = V_S/2$ 、 $V_{SHDN} = 5\text{V}$ 、 R_L は $V_S/2$ に接続。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_H	SHDN Pin Threshold, Logic High (Referred to V^-)		●	1.8		V
V_L	SHDN Pin Threshold, Logic Low (Referred to V^-)		●		0.8	V
I_{SHDN}	SHDN Pin Current	$V_{SHDN} = 0\text{V}$	●	-150	-20	nA

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。また、長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与えるおそれがある。

Note 2: 入力は、各電源に直列に接続された2つのESD保護ダイオードによって保護される。入力電流は10mA未満に制限する必要がある。入力電圧は電源電圧300mVを超えないようにする必要がある。

Note 3: 出力が無期限に短絡される場合は、接合部温度を絶対最大定格より低く抑えるためにヒートシンクが必要になることがある。

Note 4: LTC2066Iは $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ で性能仕様に適合することが保証されている。LTC2066Hは $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ で性能仕様に適合することが保証されている。

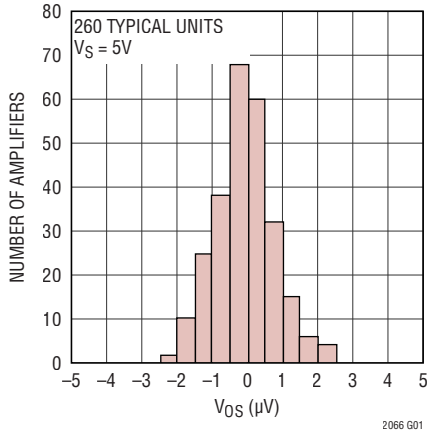
Note 5: 熱抵抗は、パッケージに接続したPC基板の金属の量によって異なる。規定値はリードに接続された短いトレースに対する値。

Note 6: これらのパラメータは設計によって保証されている。熱電対の影響により、これらの電圧レベルを自動テスト中に測定することはできない。 V_{OS} はテスト装置の能力によって決まる限界まで測定される。

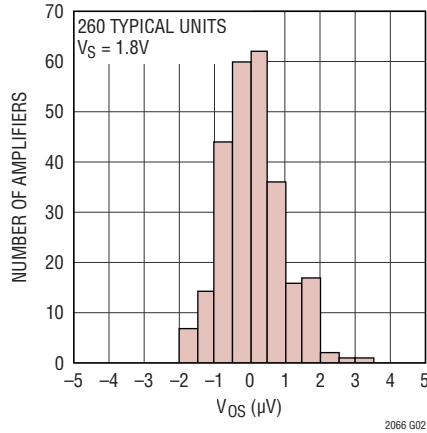
Note 7: これらのパラメータの最小規格値は、自動テスト・システムのノイズおよび能力により制限される。

標準的性能特性

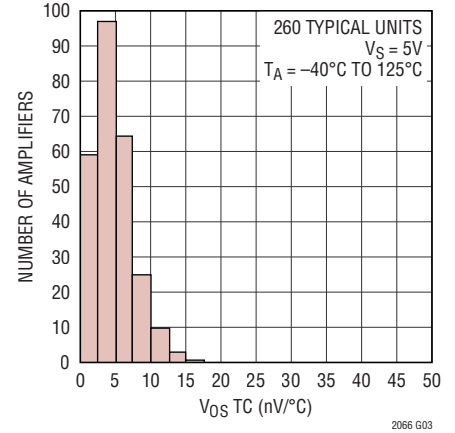
入力オフセット電圧の分布



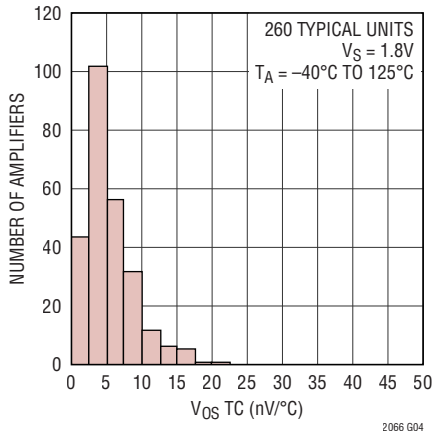
入力オフセット電圧の分布



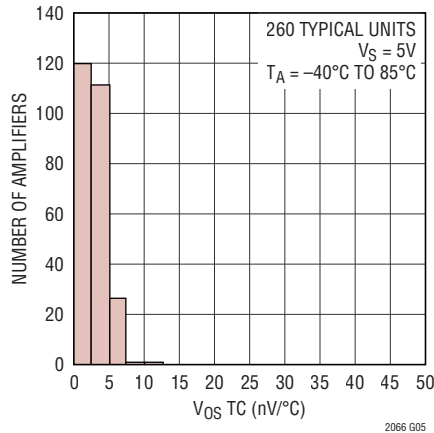
入力オフセット電圧ドリフトの分布 (Hグレード)



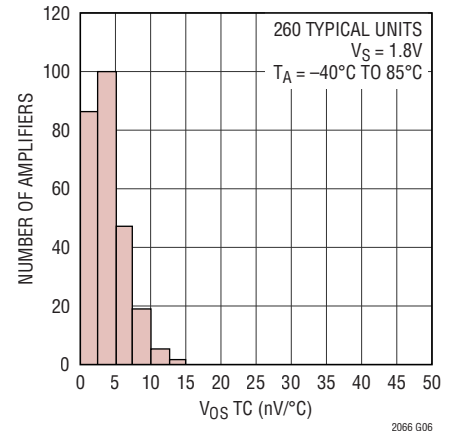
入力オフセット電圧ドリフトの分布 (Hグレード)



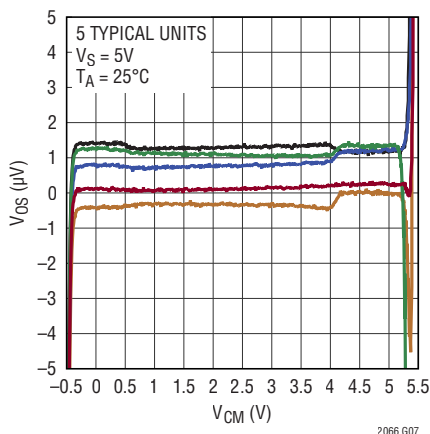
入力オフセット電圧ドリフトの分布 (Iグレード)



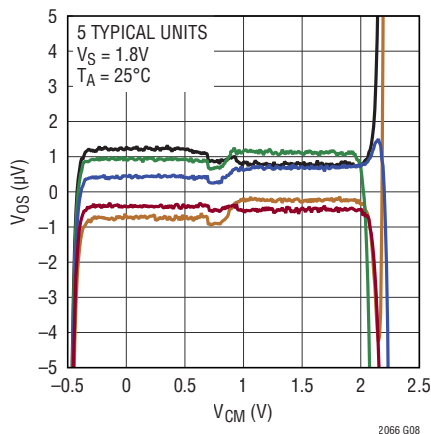
入力オフセット電圧ドリフトの分布 (Iグレード)



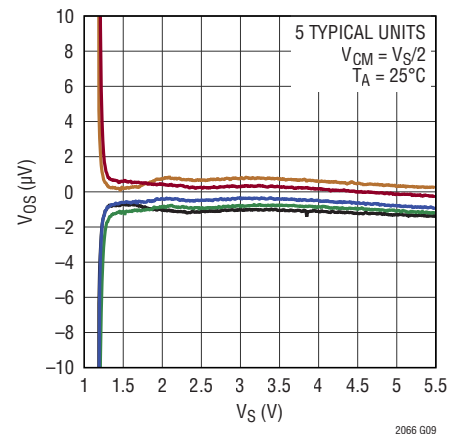
入力オフセット電圧と入力同相電圧



入力オフセット電圧と入力同相電圧

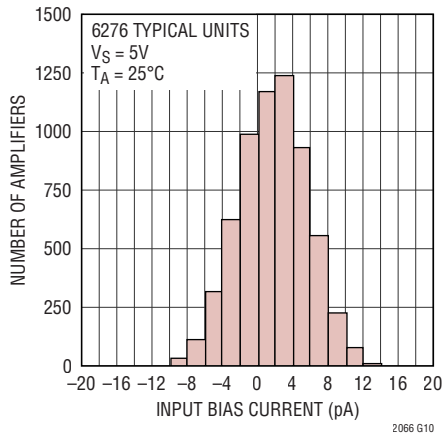


入力オフセット電圧と電源電圧

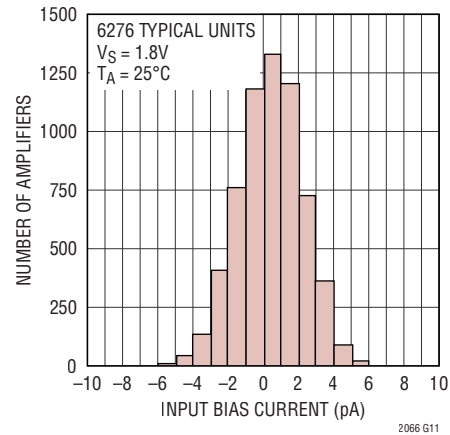


標準的性能特性

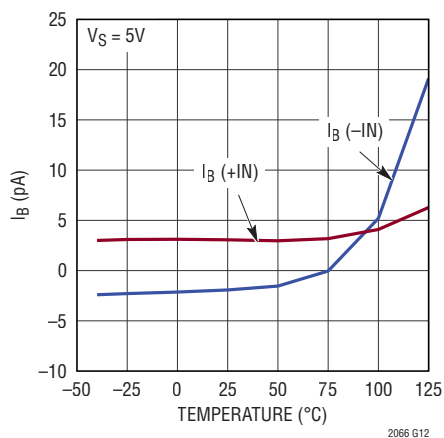
入力バイアス電流の分布



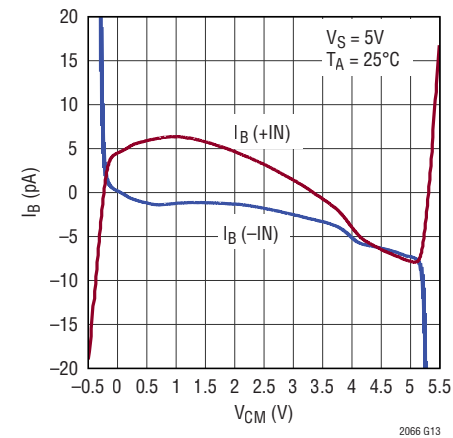
入力バイアス電流の分布



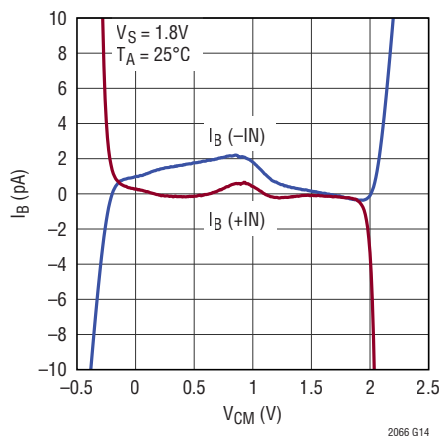
入力バイアス電流と温度



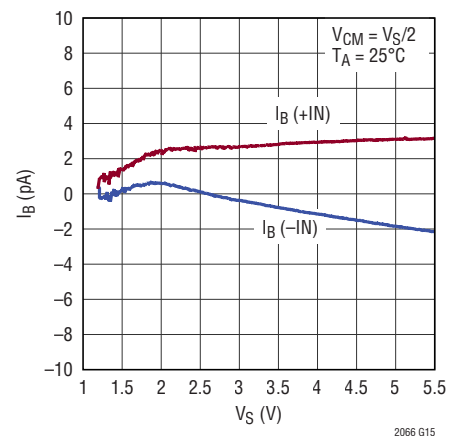
入力バイアス電流と入力同相電圧



入力バイアス電流と入力同相電圧

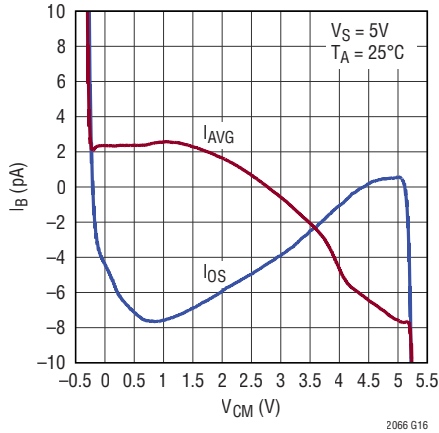


入力バイアス電流と電源電圧



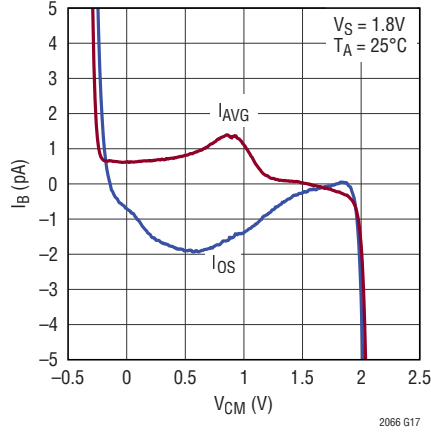
標準的性能特性

入力オフセット電流および
平均電流と入力同相電圧



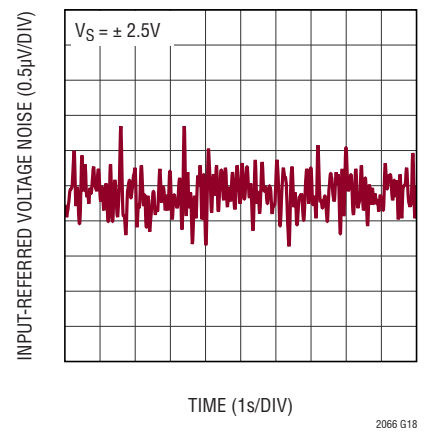
2066 G16

入力オフセット電流および
平均電流と入力同相電圧



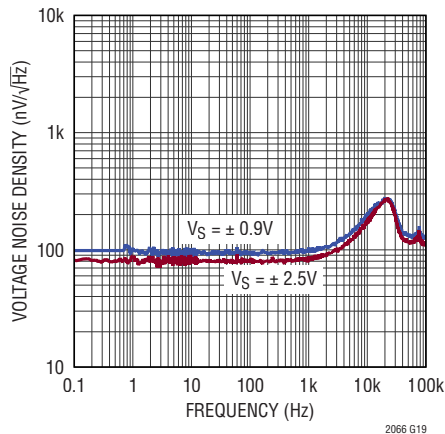
2066 G17

DC~10Hzでの電圧ノイズ



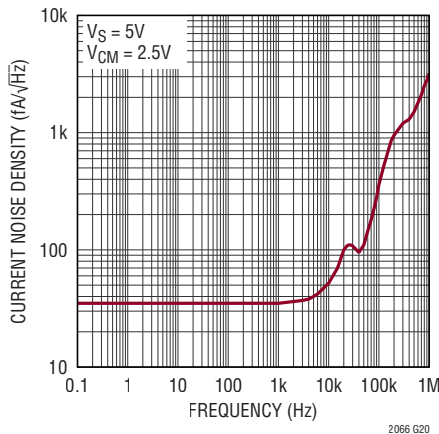
2066 G18

入力換算電圧ノイズ密度



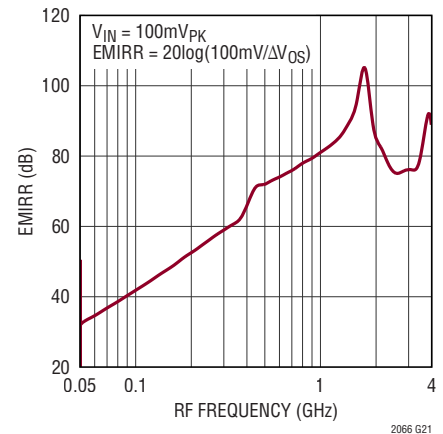
2066 G19

入力換算電流ノイズ密度



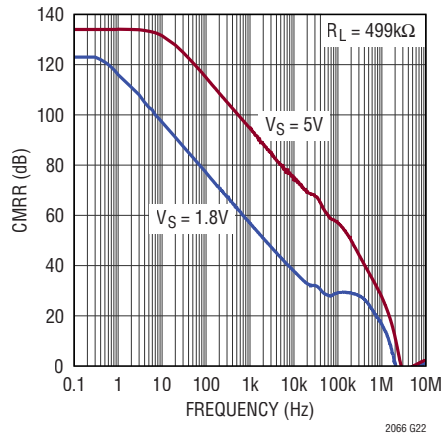
2066 G20

EMI 除去比と周波数



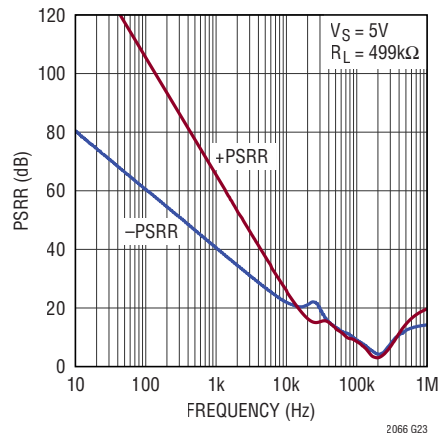
2066 G21

同相信号除去比と周波数



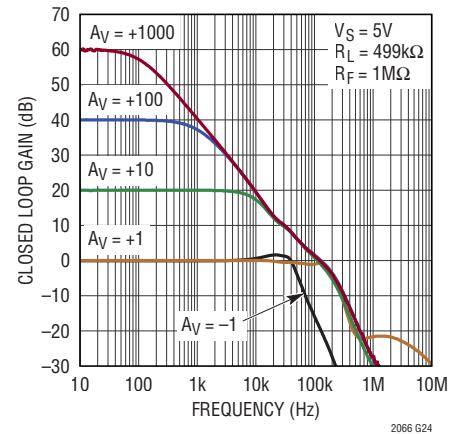
2066 G22

電源電圧除去比と周波数



2066 G23

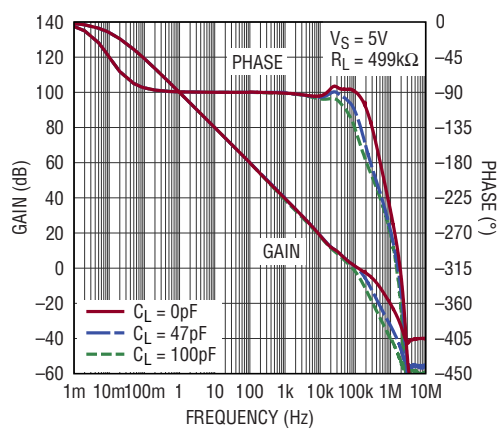
閉ループ利得と周波数



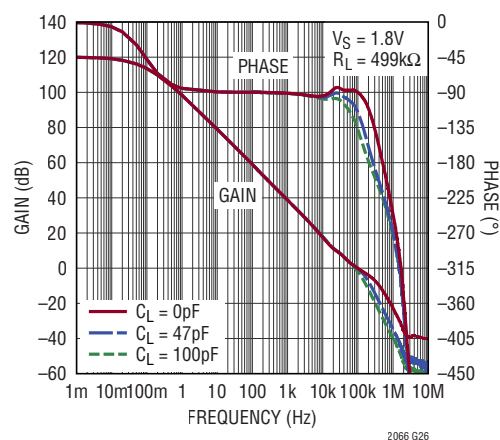
2066 G24

標準的性能特性

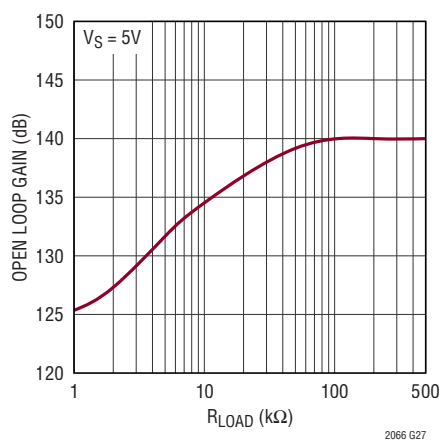
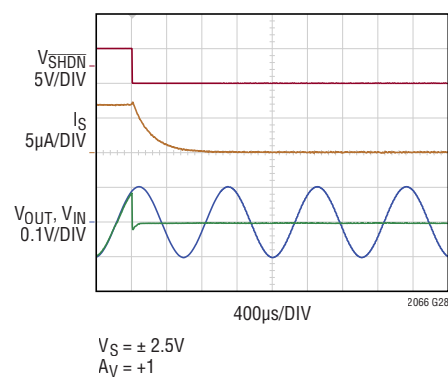
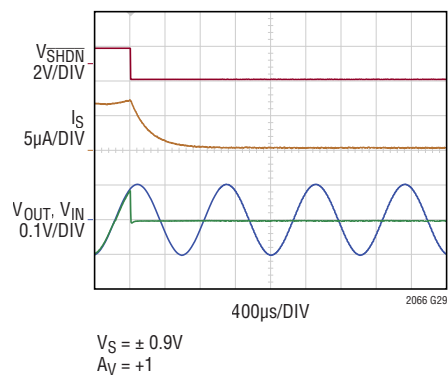
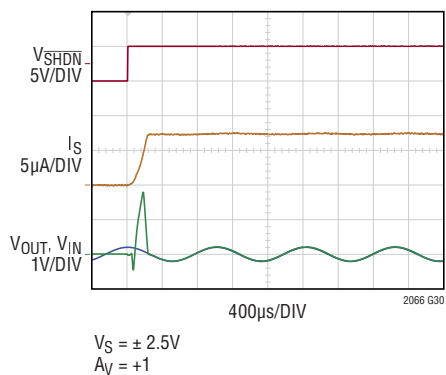
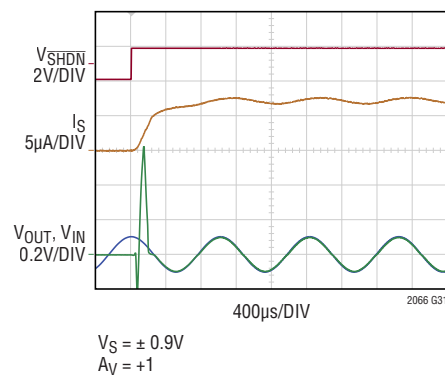
開ループ利得および位相と周波数



開ループ利得および位相と周波数

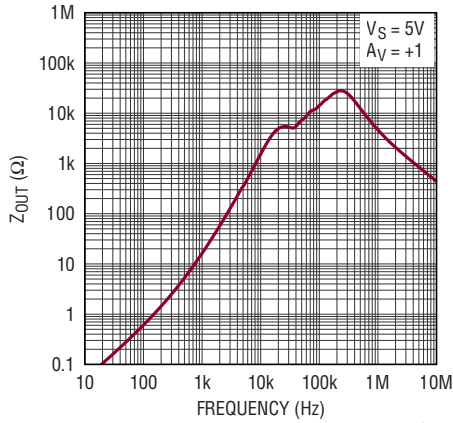


開ループ利得と負荷

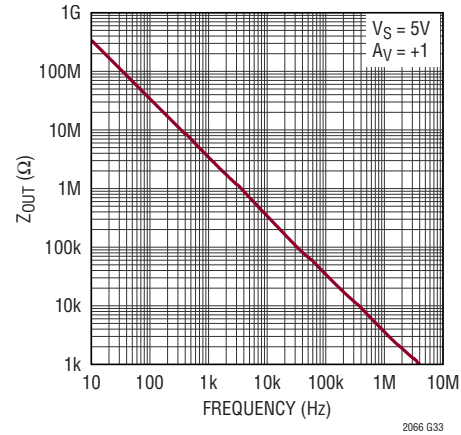
正弦波を入力した場合の
シャットダウン・トランジェント正弦波を入力した場合の
シャットダウン・トランジェント正弦波を入力した場合の
イネーブル・トランジェント正弦波を入力した場合の
イネーブル・トランジェント

標準的性能特性

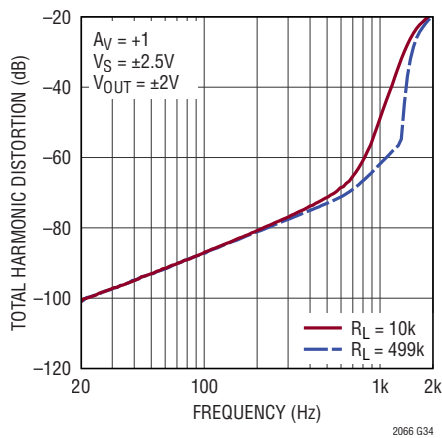
閉ループ出力インピーダンスと
周波数



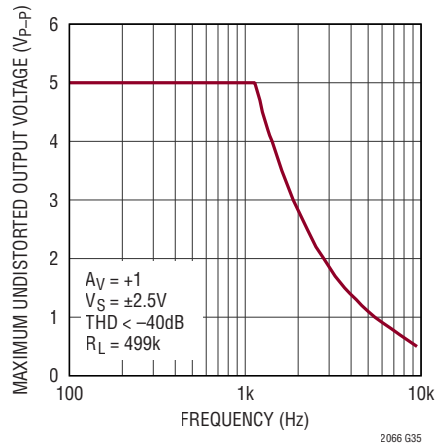
シャットダウン時の
出力インピーダンスと周波数



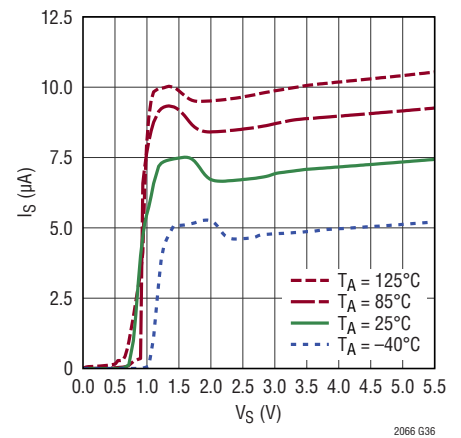
THDと周波数



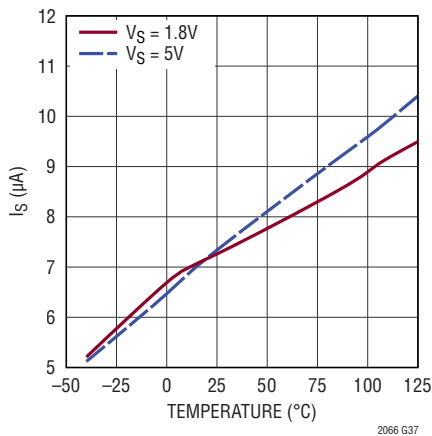
歪みのない最大出力振幅と
周波数



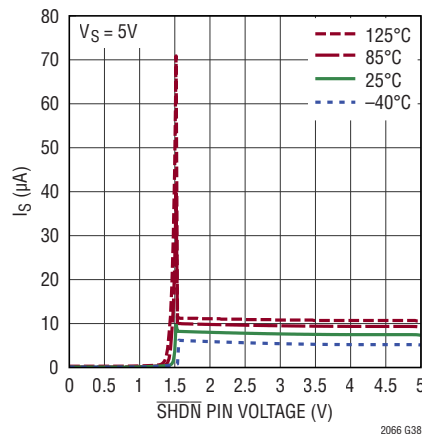
電源電流と電源電圧



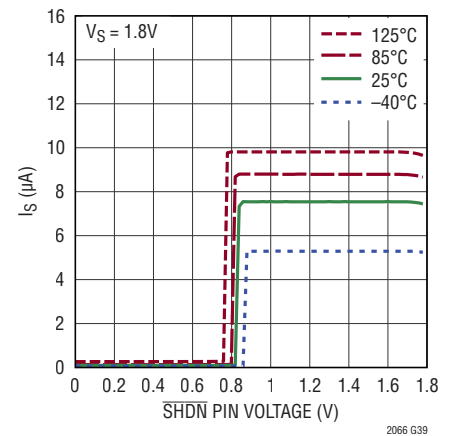
電源電流と温度



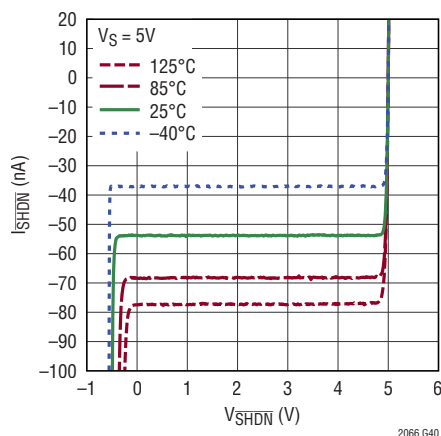
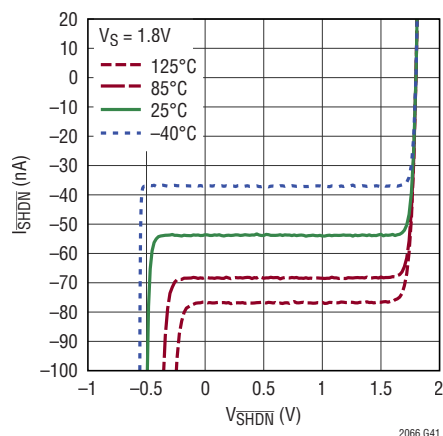
電源電流とSHDNピンの電圧



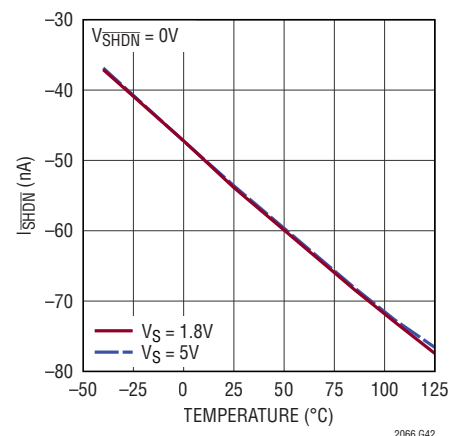
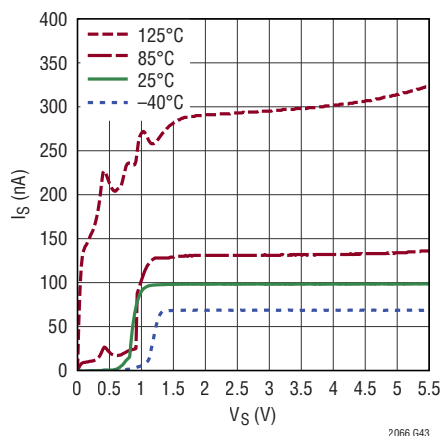
電源電流とSHDNピンの電圧



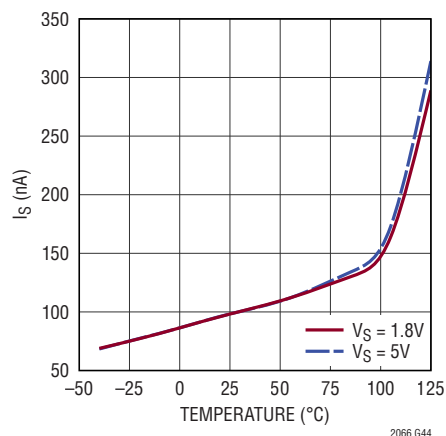
標準的性能特性

SHDN ピンのプルアップ電流と
SHDN ピンの電圧SHDN ピンのプルアップ電流と
SHDN ピンの電圧

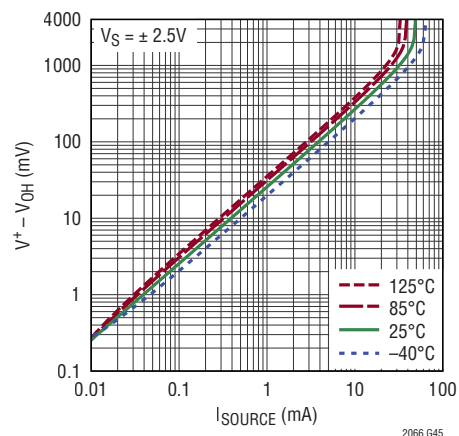
SHDN ピンの電流と温度

シャットダウン時の電源電流と
電源電圧

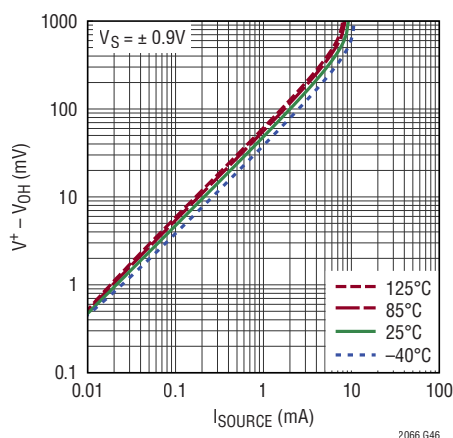
シャットダウン時電源電流と温度



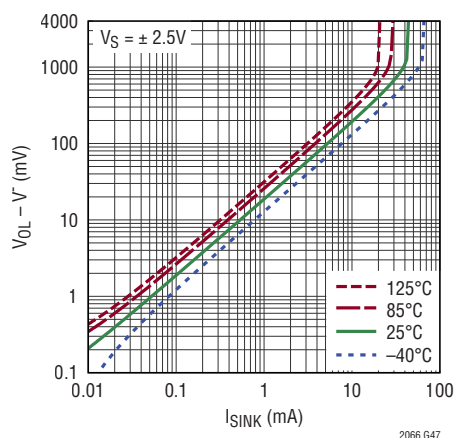
出力電圧振幅“H”と負荷電流



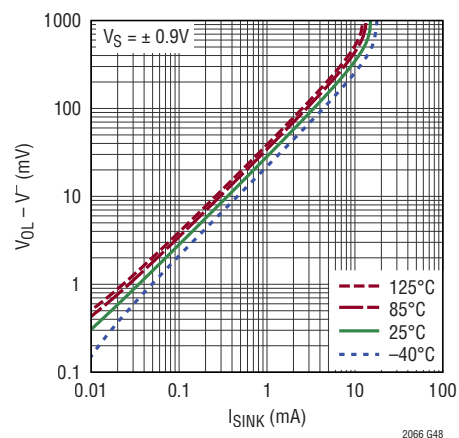
出力電圧振幅“H”と負荷電流



出力電圧振幅“L”と負荷電流

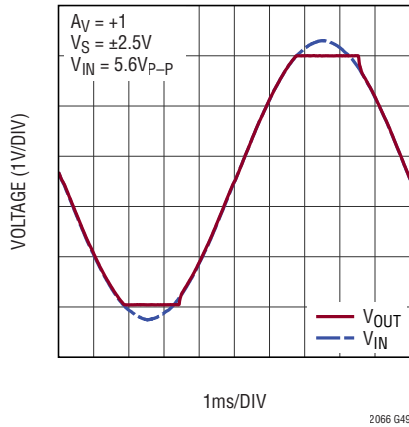


出力電圧振幅“L”と負荷電流

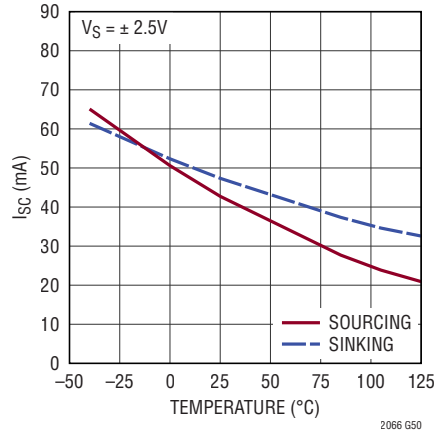


標準的性能特性

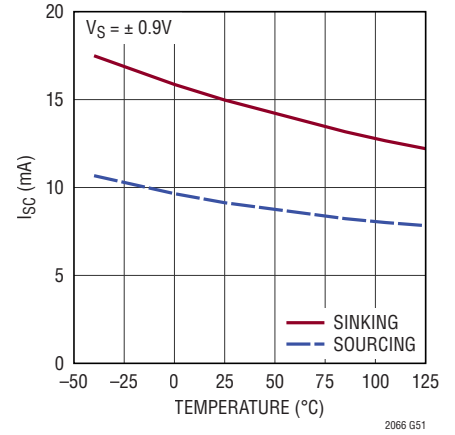
位相反転なし



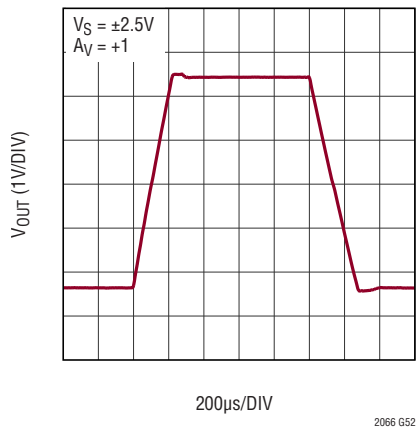
出力短絡電流と温度



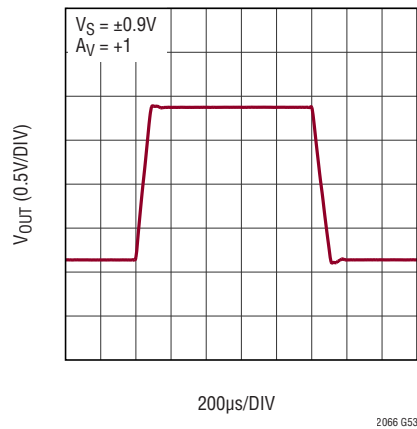
出力短絡電流と温度



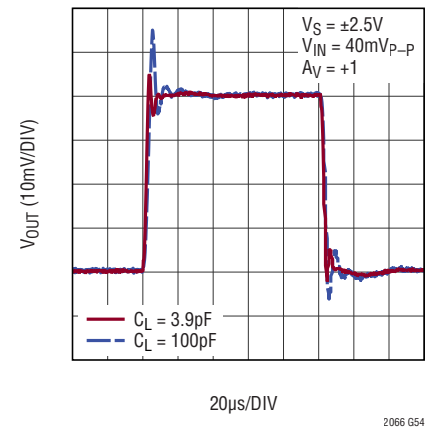
大信号応答



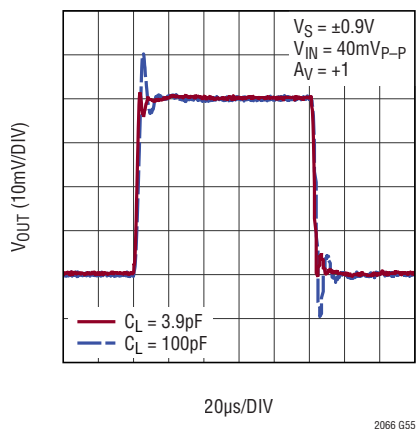
大信号応答



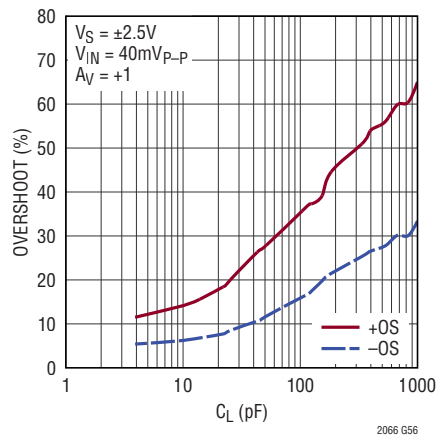
小信号応答



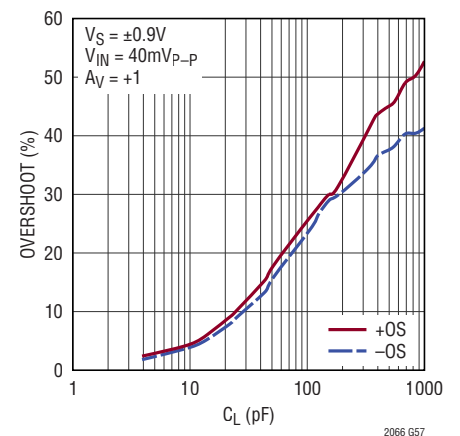
小信号応答



小信号オーバーシュートと
負荷容量

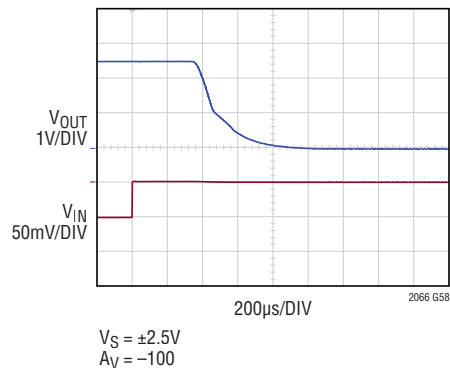


小信号オーバーシュートと
負荷容量

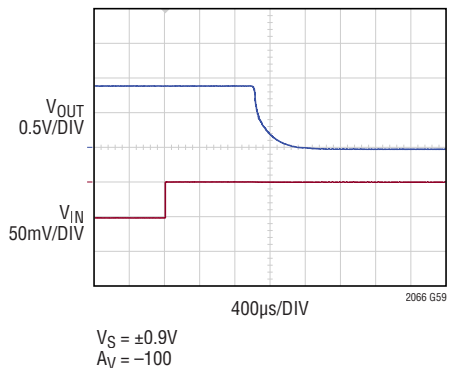


標準的性能特性

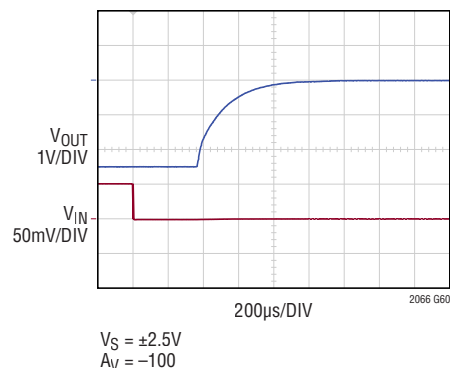
正の出力過負荷時の回復特性



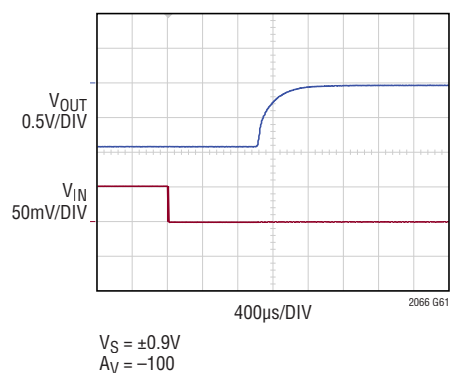
正の出力過負荷時の回復特性



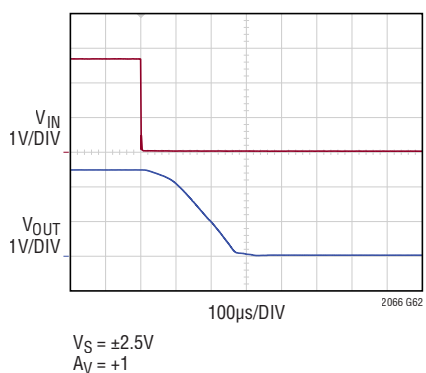
負の出力過負荷時の回復特性



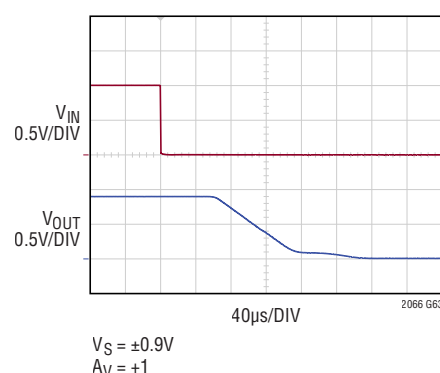
負の出力過負荷時の回復特性



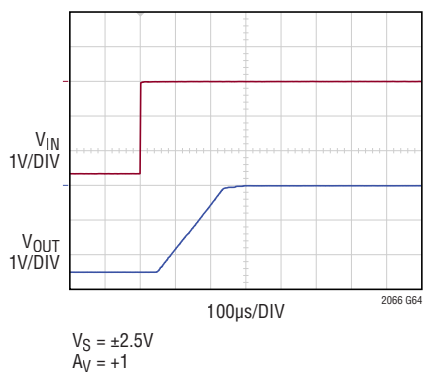
正の入力過負荷時の回復特性



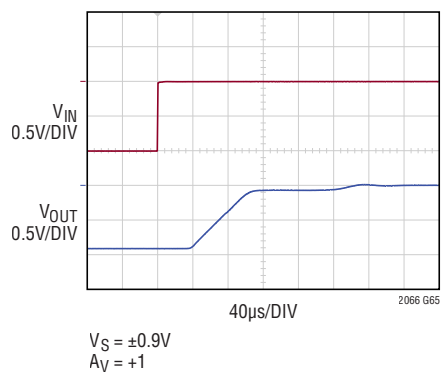
正の入力過負荷時の回復特性



負の入力過負荷時の回復特性



負の入力過負荷時の回復特性



ピン機能

OUT: アンプの出力。

-IN: 反転アンプの入力

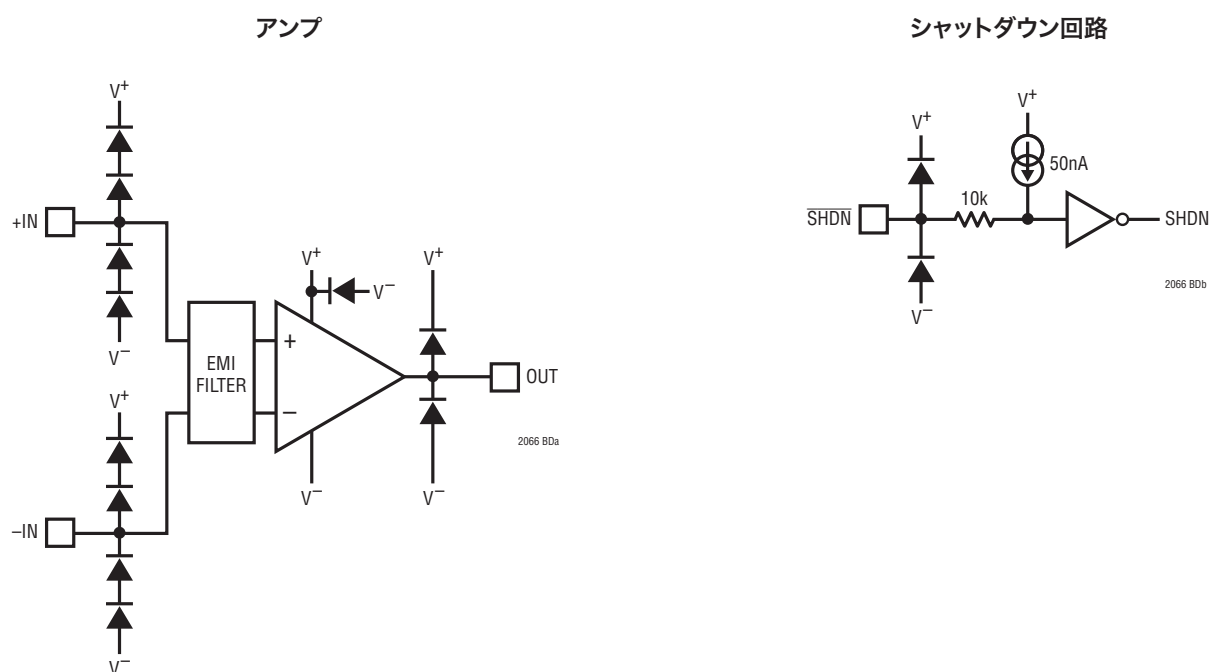
+IN: 非反転アンプの入力

V⁺: 正電源。電源ピンとグラウンドの間にバイパス・コンデンサを
使います。

V⁻: 負電源。電源ピンとグラウンドの間にバイパス・コンデンサを
使います。

SHDN: シャットダウン制御ピン。SHDNピンのしきい値は、V⁻
を基準にしています。V⁺に接続すると、デバイスはイネーブル
されます。V⁻に接続すると、デバイスはディスエーブルされ、
電源電流は170nA未満になります。このピンはフロート状態
にしないことを推奨します。

ブロック図



アプリケーション情報

LTC2066の使用

LTC2066は、従来のオペアンプの開ループ電圧利得特性と帯域幅特性を備えたゼロドリフト・オペアンプです。先進の回路技術により、LTC2066はその全帯域幅にわたって続けて動作すると同時に、不必要な誤差を自己較正することができます。

入力電圧ノイズ

LTC2066のようなゼロドリフト・アンプは、DCオフセットとフリッカ・ノイズをヘテロダイン処理で混合してより高い周波数にすることで、低い入力オフセット電圧と低1/fノイズを実現します。初期のゼロドリフト・アンプでは、この処理により、(多くの場合、チョッピング周波数と呼ばれる)自己較正周波数でアイドル・トーンが発生しました。これらの人工的信号成分により、初期のゼロドリフト・アンプは使いにくくなっていました。LTC2066が採用している先進の回路技術により、これらの疑似信号成分が抑えられ、障害なしで使用することができます。

入力電流ノイズ

信号源インピーダンスと帰還インピーダンスが高いアプリケーションでは、入力電流ノイズが全出力ノイズに大きく影響することがあります。このため、アンプの入力に配置された回路素子とノイズ電流との相互作用を検討することが重要です。

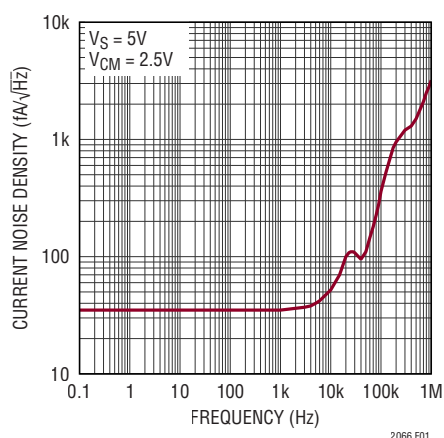


図1. 入力電流ノイズのスペクトラム

LTC2066の電流ノイズ・スペクトラムを図1に示します。MOSFETの入力素子と自己較正技術を使用して1/f電流ノイズを取り除くことにより、低入力電流ノイズを達成することができます。全てのゼロドリフト・アンプと同様に、オフセットが0になる周波数では電流ノイズが増加します。この現象については、「入力バイアス電流とクロック・フィードスルー」のセクションで説明します。

MOSFETチャネル熱ノイズの容量性結合により、入力電流ノイズも周波数とともに増加します。

入力バイアス電流とクロック・フィードスルー

ゼロドリフト・アンプの入力バイアス電流は、従来のオペアンプのそれとは特性が異なります。規定の入力バイアス電流は、入力段のスイッチング回路によって導通するトランジェント電流のDC平均です。このほかに、高温では接合部の漏れ電流が入力バイアス電流の増加に影響します。入念な設計と、革新的なブートストラップ回路の使用により、LTC2066の入力バイアス電流は、室温では35pAを、全温度範囲では150pAを超えることはありません。これにより、高インピーダンス回路であっても、バイアス電流に起因する誤差は最小限に抑えられます。

入力でのトランジェント・スイッチング電流は、信号源インピーダンスと帰還インピーダンスによって生じる誤差電圧と相互に影響しますが、この誤差電圧は有効な入力信号と区別することができません。結果として生じる誤差電圧はアンプの閉ループ利得によって増幅されます。これはフィルタとして動作し、回路の帯域幅より高い周波数成分を減衰させます。この現象はクロック・フィードスルーとして知られており、全てのゼロドリフト・アンプに存在します。ゼロドリフト・アンプを使用する場合は、クロック・フィードスルーの原因と影響を理解することが重要です。

アプリケーション情報

ゼロドリフト・アンプでは、クロック・フィードスルーは信号源インピーダンスと帰還インピーダンス、ならびにトランジェント電流の大きさに比例します。LTC2066ではこれらのトランジェント電流が最小限に抑えられているので、信号源インピーダンスと帰還インピーダンスが高い回路で使用することができます。多くの回路設計では、帰還インピーダンスを高くして消費電力を最小限に抑えることや、もともとインピーダンスが高いセンサが必要になります。これらの場合には、入力や帰還抵抗間にコンデンサを使用して、閉ループ系の帯域幅を制限することができます。こうすると、クロック・フィードスルー信号は実質的に除去されます。

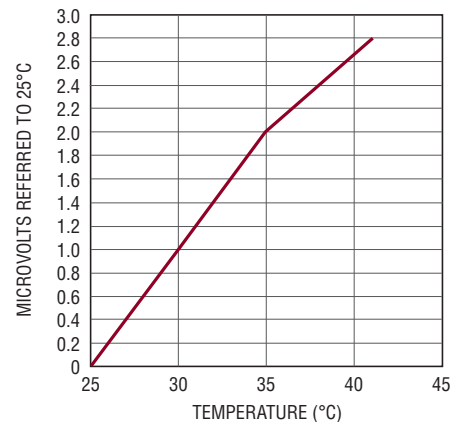
熱電対の影響

μV レベルの精度を実現するには、熱電対の影響を検討する必要があります。異種金属を接続すると熱電接点が発生され、温度に依存する微小な電圧が発生します。ゼーベック効果の別名でも知られるこれらの熱起電力は、低ドリフト回路での主な誤差原因になります。

コネクタ、スイッチ、リレー接点、ソケット、抵抗、および半田は、いずれも大きな熱起電力発生候補となります。メーカーが異なると銅線の接点であっても $200\text{nV}/^\circ\text{C}$ の熱起電力が発生することがあります。これは LTC2066 の最大ドリフト規格を大きく超えています。これらの電圧の潜在的な大きさとその温度に対する感度を図2および図3に示します。

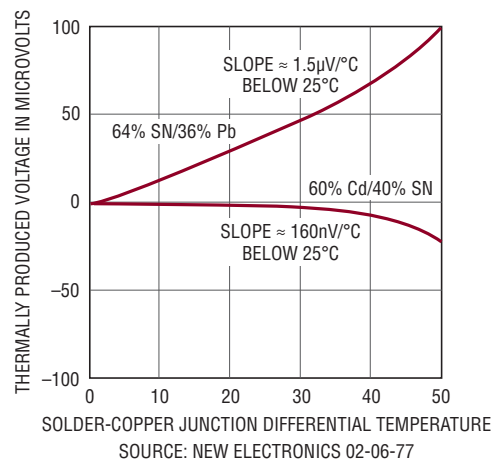
熱電対に起因する誤差を最小限に抑えるため、回路基板レイアウトと部品選択には注意を払う必要があります。アンプの入力信号経路内の接点の数を最小限に抑え、コネクタ、ソケット、スイッチ、リレーの使用を可能な限り避けることを推奨します。そうした部品が必要な場合は、低熱起電力特性のものを選択するようにしてください。さらに、回路基板上の熱勾配について両方の入力の接点の数、種類、レイアウトを一致させる必要があります。それには、避けられない接点によって生じる誤差を相殺するために、ダミーの接点を意図的に設ける場合もあります。

気流も熱勾配を招き、測定系で大きなノイズを発生することがあります。影響を受けやすい複数の回路にまたがる気流が流れないようにすることが重要です。こうすると、多くの場合は熱電対ノイズが大幅に減少します。手法のまとめを図4に示します。



2066 F02

図2. メーカーの異なる2本の銅線によって発生した熱起電力



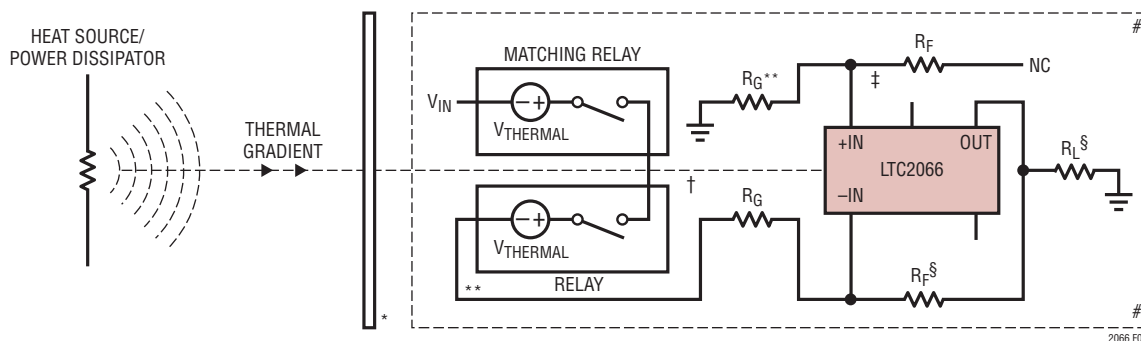
2066 F03

図3. 半田と銅の接点で生じる熱起電力

漏れ電流の影響

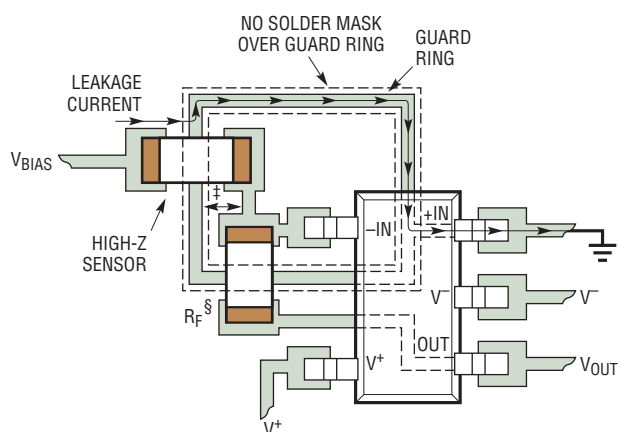
漏れ電流が高インピーダンス信号ノードに流れ込むと、サブ nA レベルの信号の測定精度は容易に低下します。高電圧や高温のアプリケーションでは、こうした問題に特に影響を受けやすくなります。高品質の絶縁体材料を使用し、絶縁表面を清浄にしてフラックスなどの残留物を取り除くようにしてください。湿度の高い環境では、表面をコーティングして防湿層を形成することが必要な場合があります。

アプリケーション情報

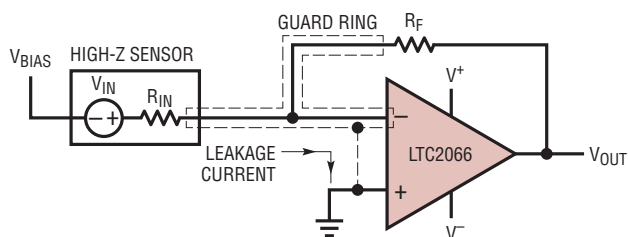


- * CUT SLOTS IN PCB FOR THERMAL ISOLATION.
 ** INTRODUCE DUMMY JUNCTIONS AND COMPONENTS TO OFFSET UNAVOIDABLE JUNCTIONS OR CANCEL THERMAL EMFs.
 † ALIGN INPUTS SYMMETRICALLY WITH RESPECT TO THERMAL GRADIENTS.
 ‡ INTRODUCE DUMMY TRACES AND COMPONENTS FOR SYMMETRICAL THERMAL HEAT SINKING.
 § LOADS AND FEEDBACK CAN DISSIPATE POWER AND GENERATE THERMAL GRADIENTS. BE AWARE OF THEIR THERMAL EFFECTS.
 # COVER CIRCUIT TO PREVENT AIR CURRENTS FROM CREATING THERMAL GRADIENTS.

図4. 熱電対に起因する誤差を最小限に抑えるための手法



- ‡ NO LEAKAGE CURRENT, $V_{-IN} = V_{+IN}$
 § AVOID DISSIPATING SIGNIFICANT AMOUNTS OF POWER IN THIS RESISTOR. IT WILL GENERATE THERMAL GRADIENTS WITH RESPECT TO THE INPUT PINS AND LEAD TO THERMOCOUPLE-INDUCED ERROR. THERMALLY ISOLATE OR ALIGN WITH INPUTS IF RESISTOR WILL CAUSE HEATING.



LEAKAGE CURRENT IS ABSORBED BY GROUND INSTEAD OF CAUSING A MEASUREMENT ERROR.

2066 F05

図5. 反転アンプの漏れ電流ガードリング付きレイアウト例

アプリケーション情報

基板の漏れ電流は、入力電位に非常に近い電位で動作するガードリングで入力接続点を囲むことによって最小限に抑えることができます。ガードリングは低インピーダンス・ノードと接続する必要があります。反転構成の場合は、ガードリングを正入力(+IN)の電位に接続してください。非反転構成の場合は、ガードリングを負入力(-IN)の電位に接続してください。この手法を効果的なものにするため、ガードリングを半田マスクで覆うことは絶対にしないでください。プリント回路基板の両側にガードリングを設けることが必要な場合があります。適切なレイアウトの一例については、図5を参照してください。

シャットダウン・モード

SC70パッケージのLTC2066は、低消費電力アプリケーション向けにシャットダウン・モードを備えています。オフ状態では、アンプに流れる電源電流は170nA未満であり、出力は外部回路に対して高インピーダンスになります。

シャットダウン動作を実行するには、 $\overline{\text{SHDN}}$ を V_L より低い電圧に接続します。シャットダウン機能が必要ない場合は、 $\overline{\text{SHDN}}$ を V^+ に接続することを推奨します。 $\overline{\text{SHDN}}$ ピンは、フロート状態のとき50nAの電流源によって“H”になるので、アンプはオン状態に維持されます。ただし、この方法は高温では基板の漏れ電流が原因で信頼できない可能性があります(14ページの $\overline{\text{SHDN}}$ 回路のブロック図参照)。ノイズの多い環境では、 $\overline{\text{SHDN}}$ と V^+ の間にコンデンサを接続して、シャットダウン状態の変化によってノイズが発生しないようにすることを推奨します。 $\overline{\text{SHDN}}$ の電圧が電源レールより高くなる危険性がある場合は、 $\overline{\text{SHDN}}$ ピンと直列に抵抗を接続して、発生電流を制限することを推奨します。

起動特性

マイクロパワー・オペアンプは、多くの場合、起動時にはマイクロパワーではないので、低電流の電源で使用する場合には問題が発生することがあります。起動時には、内部バイアス・ノードが最終値に落ち着くまで大量のトランジェント電流が流れることがあります。このトランジェント時には電源から大量の電流が流れることがあるので、マイクロパワー・デバイスの場合には数百ミリ秒の間持続する場合があります。最悪の場合には、システムを公称電圧まで引き上げるのに十分な電源電流が供給されない可能性があります。そのほかの場合には、このトランジェント起動電流によって、デューティ・サイクル制御アプリケーションで電力損失の増加につながります。

トランジェント電流損失を定量化する方法としては、起動時に電源電流を積算して全電荷損失を調べる方法があります。追加のトランジェント電流が発生しなかった場合は、積算電源電流が、デバイスのDC電源電流と等しい勾配を持つ滑らかな直線として現れます。直線からのずれがある場合は、電源から追加のトランジェント電流が流れていることを示します。LTC2066は、この電荷損失を最小限に抑えて、デューティ・サイクル制御アプリケーションで電力を節約できるようにする目的で設計されています。LTC2066の起動時の積算電源電流(すなわち、電荷)を図6に示します。同様に、 $\overline{\text{SHDN}}$ ピンを介したイネーブルおよびディスエーブルによる電荷損失を図7に示します。

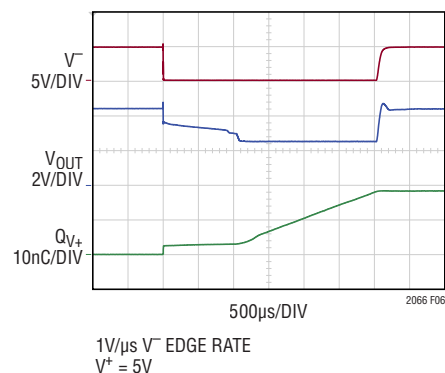


図6. 電源投入時の電荷損失

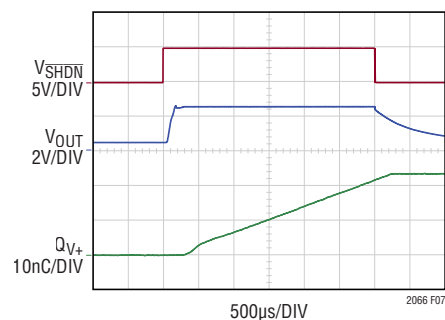


図7. $\overline{\text{SHDN}}$ ピンを介したイネーブルおよびディスエーブルによる電荷損失

アプリケーション情報

$\overline{\text{SHDN}}$ ピンを使用して、デューティ・サイクル制御アプリケーションでデバイスをディスエーブルまたはイネーブルする方が、外部の電源電圧(V^+)を遮断するよりメリットがあります。外部電源を投入して遮断すると、外付けデカップリング・コンデンサの充電と放電により、電荷が浪費される傾向があります。こうした電源のオン/オフを繰り返すアプリケーションでは、デカップリング・コンデンサの後にリレーやMOSデバイスを配置してこの浪費を軽減することができますが、この手法には欠点があります。LTC2066は、電源投入時に約3nCの初期電荷を引き寄せます。この電荷損失の繰り返しは、電源のオン/オフを繰り返すアプリケーションでは避けられません。更に、電源のランプ・レートが0.4V/ μs を超えると、内部のトランジェントESDクランプが作動し、 V^+ から V^- に流れる電流が増加します。このため電荷が浪費され、電源オン/オフの繰り返しによって、期待されていた改善が取るに足らないものになる可能性があります。電源投入時の電荷損失を図8に示します。

シャットダウン・ピンを使用して、デューティ・サイクル制御アプリケーションでのこれらの制限を克服することができます。シャットダウン状態と通常状態との遷移による標準的な電荷損失はわずか2.3nCです。電源は変化しないので、外付けデカップリング・コンデンサが電源から電荷を引き寄せることはありません。

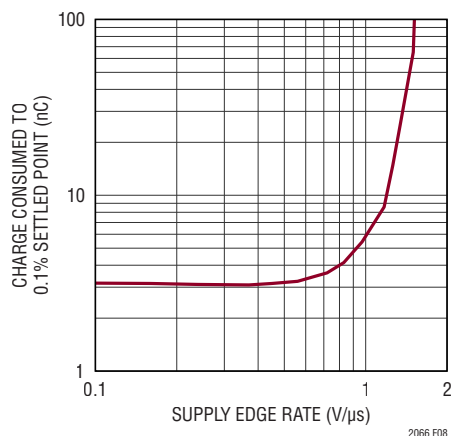


図8. 電源投入時の電荷と電源のエッジ・レート

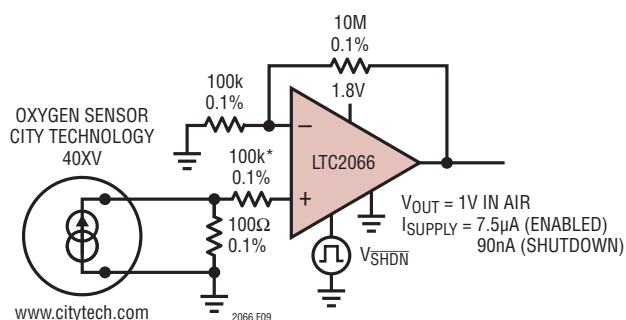
ガス・センサ

この低消費電力の高精度ガス・センサ回路は、酸素レベルが0%~30%の範囲で動作し、ガス・センサを完全に初期化した場合、通常の大気中酸素濃度(20.9%)で公称出力が1Vになります。動作時の全消費電流は、単電源レールの場合10.1 μA 未満です。

このガス・センサは通常の酸素(濃度)環境では100 μA を生成し、100 Ω の負荷抵抗が必要なので、発生する入力信号は標準で10mV前後です。LTC2066のレール・トゥ・レール入力とは、酸素濃度が非常に低くなるまで、補助的なDCレベル・シフトを行う必要がないという意味です。

LTC2066は入力オフセット電圧がきわめて小さい(標準1 μV 、最大5 μV)ので、mVスケールの入力信号を十分に増幅しても大きな誤差は発生させずに済みます。図9に示す非反転利得が101V/Vの構成では、入力オフセットが最悪の場合でも、1V出力に対するオフセットは最大0.5mVになります。すなわち、誤差0.05%です。

ガス・センサと直列に接続する100k Ω 抵抗は、利得を設定する10M Ω と100k Ω の抵抗とは厳密には精度要件が同じではありませんが、両方の入力端子に同等の抵抗を使用することが重要です。こうすると、熱電対の影響とバイアス電流による入力でのオフセット電圧の増加を最小限に抑えるのに役立つので、同様な0.1%の精度要件にします。



* RESISTOR CANCELS OUT PARASITIC SEEBECK EFFECT VOLTAGE

図9. マイクロパワー高精度酸素センサ

アプリケーション情報

RTD センサ

この低消費電力の白金測温抵抗体 (RTD) センサ回路は、最小 2.6V のレール電圧時に流れる全電源電流がわずか 43 μ A であり、室温での精度は $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内です。これには、Vishay 社の PTS Class F0.3 Variant RTD に固有の全ての誤差を含みます。この回路は $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ の温度範囲を 10mV/ $^{\circ}\text{C}$ 刻みで網羅し、 25°C の公称室温時に 1V の出力を発生します。

LTC2066 は標準のオフセット値が 1 μ V、標準の入力バイアス電流が 5pA と値がきわめて小さいので、RTD で使用する励起電流を非常に小さくすることができます。したがって、自己発熱を無視することが可能であり、精度が向上します。

LT5400-3 の B グレードを使用して、実質的に 131:1 の高精度分圧器となる $\pm 0.025\%$ の整合抵抗回路網を構成します。この高精度分圧器はブリッジ回路の半分を形成しており、もう一方の分岐は 0.1% 精度の 110k Ω と RTD で構成されています。110k Ω の精度要件は、RTD との整合性を確保することが目的です。11k Ω の R2 は、出力が室温で 1V になるように、ブリッジ全体の DC オフセットを発生させる役割を果たしています。ブ

リッジの均衡がとれていないと誤差につながる可能性があるため、RTD に接続するリード線の長さを最小限に抑えて、リード線による抵抗の増加を少なくすることを推奨します。

LT6656-2.048 リファレンスは、各動作温度で RTD 内を流れる既知の励起電流を発生させるのに役立ち、また LTC2066 の電源としても機能します。その間、リファレンス自体が使用する電流は 1 μ A 未満です。LT6656 は 2.6V $\sim$ 18V の範囲内の任意の入力電圧で動作できるので、電源電圧を柔軟に選択できる上に、固定出力の範囲を維持します。LT6656 リファレンスは、回路全体を動作させるのに必要な 43 μ A を容易に供給することができます。これは LTC2066 の電源電流が最大 10 μ A であることと、少ない励起電流条件で RTD が発生する μ V レベルの信号を処理する機能を LTC2066 が備えているからです。

オペアンプの 2 つの入力間に大きな温度勾配が生じないようにして、熱電対の影響を最小限に抑えるよう注意する必要があります。また、温度係数の小さな帰還抵抗および直列抵抗を選択して、全温度範囲でのドリフトに起因する誤差を最小限に抑えることも重要です。

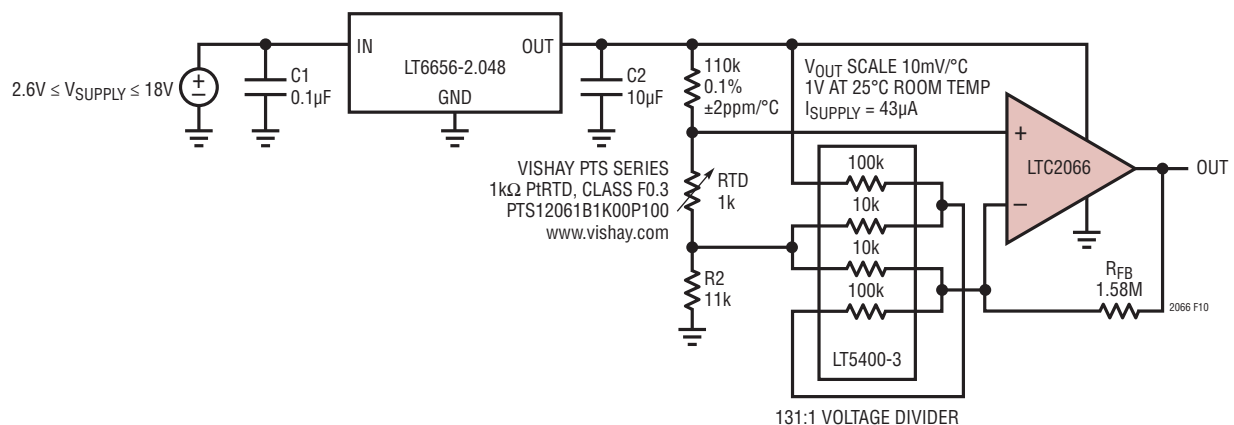


図 10. RTD センサ

アプリケーション情報

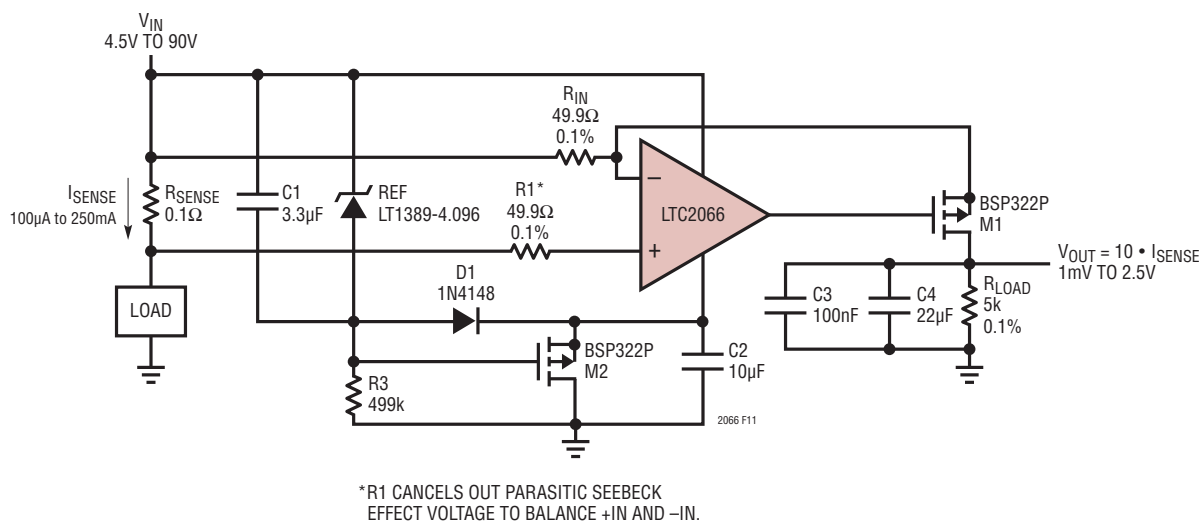


図11. ハイサイド電流検出

ハイサイド電流検出

このLTC2066マイクロパワー高精度ハイサイド電流検出回路には、 V_{IN} に応じて10.5μA～300μAの電源電流が流れますが、一方で4.5V～90Vの入力電圧範囲で100μA～250mAの電流を測定します。

この回路の出力は次のとおりです。

$$V_{OUT} = \frac{R_{LOAD} \cdot R_{SENSE}}{R_{IN}} I_{SENSE} = 10 \cdot I_{SENSE}$$

LTC2066は入力オフセット電圧の標準値が1μVと小さく、入力バイアス電流の標準値が5pAと少ないので、その出力誤差は、使用した抵抗の精度上の限界に起因する誤差より大幅

に小さくなります。したがって、出力精度は主に抵抗 R_{SENSE} 、 R_{IN} 、および R_{LOAD} の精度によって決まります。 $R1$ は、-INで発生する寄生ゼーベック効果の電圧を、+INに同一の電圧をかけてバランスを取り、相殺するのに役立ちます。

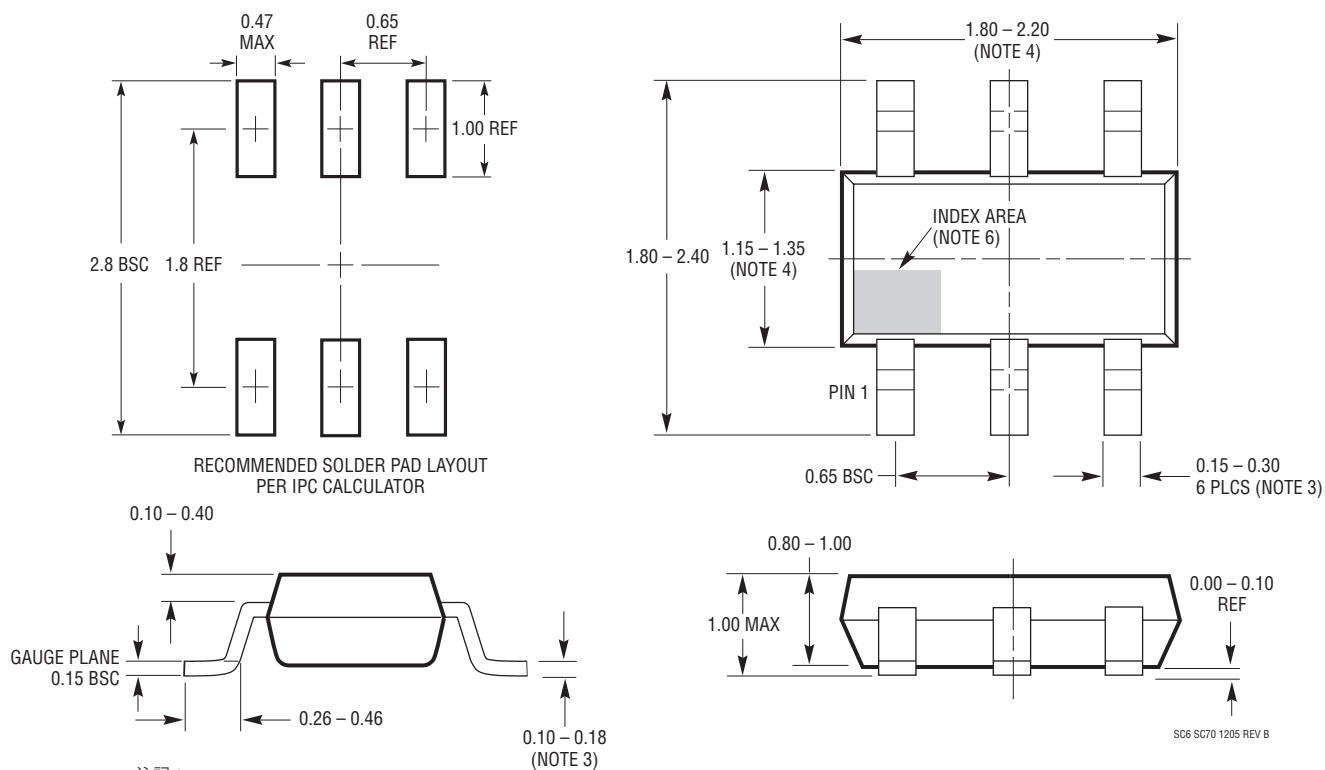
M2、R3、およびD1で構成されるブートストラップ回路とリファレンスLT1389-4.096を組み合わせることにより、LTC2066が絶対最大定格電圧である5.5Vに達しないよう保護する超低消費電力の絶縁型5Vレールを発生させつつ、はるかに高い入力電圧を可能にします。

LTC2066の利得帯域幅積は100kHzなので、10kHzより高い周波数では変化しない電流を測定する目的でこの回路を使用することを推奨します。

パッケージ

最新のパッケージ図は、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LTC2066#packaging> を参照してください。

SC6 Package
6-Lead Plastic SC70
 (Reference LTC DWG # 05-08-1638 Rev B)



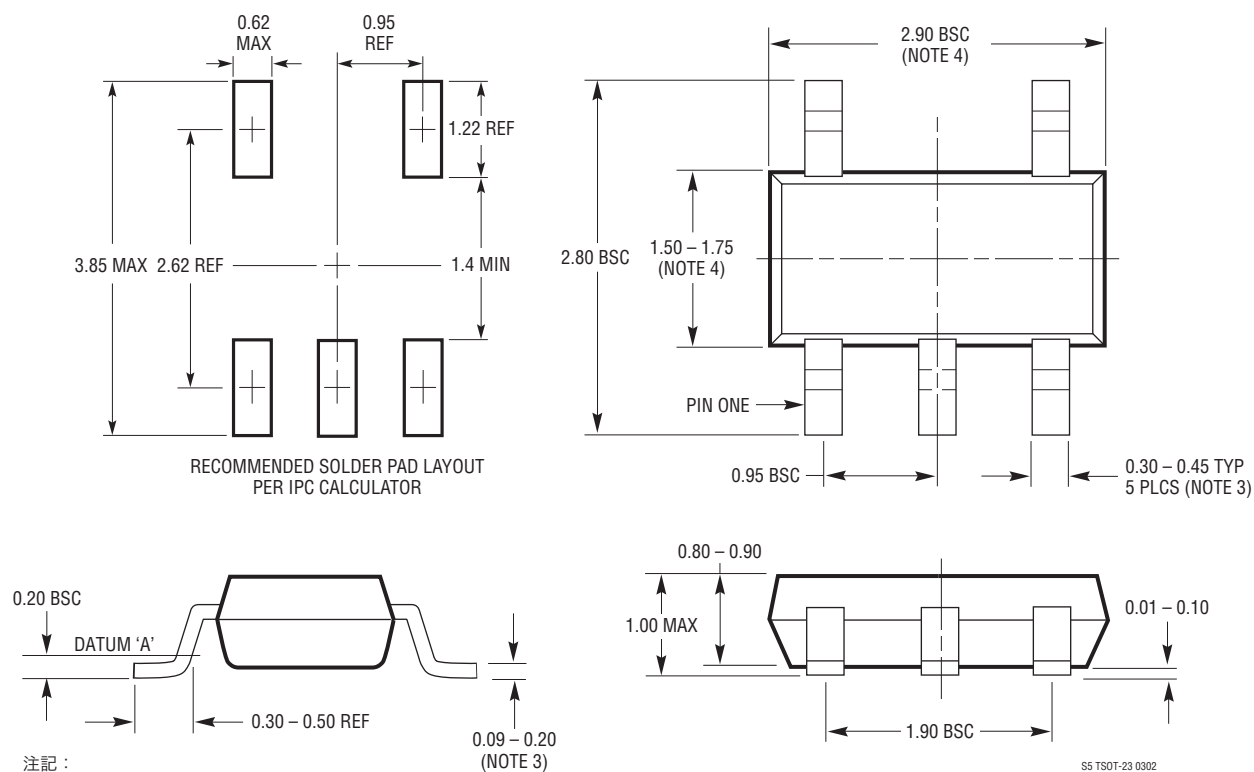
注記:

1. 寸法はミリメートル
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法はメッキを含む
4. 寸法はモールドのバリおよび金属のバリを含まない
5. モールドのバリは 0.254mm を超えないこと
6. ピン #1 の識別マークの詳細はオプションだが、インデックス領域内になければならない
7. EIAJ パッケージ参照番号は EIAJ SC-70 である
8. JEDEC パッケージ参照番号は MO-203 のバリエーション AB である

パッケージ

最新のパッケージ図は、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LTC2066#packaging> を参照してください。

S5 Package
5-Lead Plastic TSOT-23
 (Reference LTC DWG # 05-08-1635)

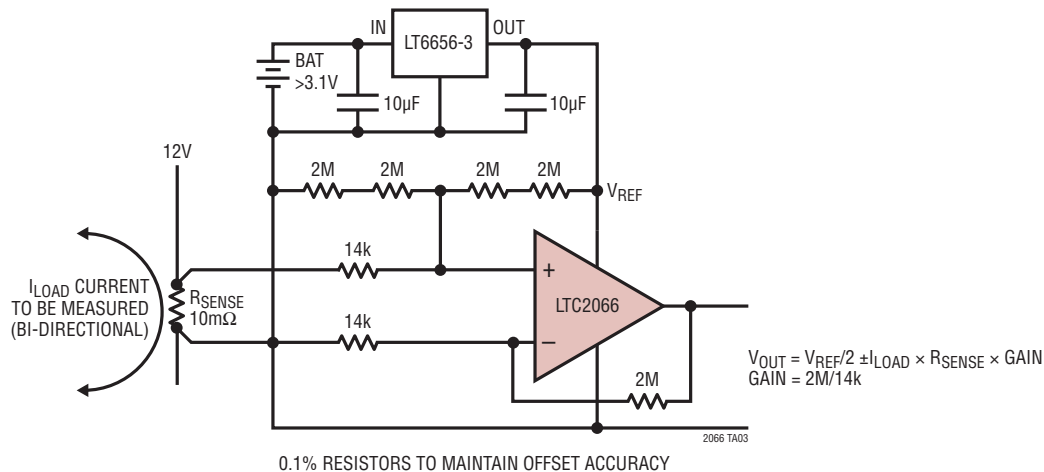


注記:

1. 寸法はミリメートル
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法はメッキを含む
4. 寸法はモールドのバリおよび金属のバリを含まない
5. モールドのバリは 0.254mm を超えないこと
6. JEDEC パッケージリファレンスは MO-193

標準的応用例

バッテリー駆動式の電流検出アンプによる検出抵抗電圧のフロート出力



関連製品

製品番号	概要	注釈
LT1494/LT1495/LT1496	最大 1.5μA、Over-The-Top、高精度レール・トゥ・レール入出力オペアンプ	V_{OS} : 375μV, I_S : 1.5μA, V_S : 2.2V~36V, 2.7kHz, RRIO
LT6003/LT6004/LT6005	1.6V、1μA 高精度レール・トゥ・レール入出力オペアンプ	V_{OS} : 500μV, I_S : 1μA, V_S : 1.6V~16V, 2kHz, RRIO
LTC2063	2μA、低 I_B のゼロドリフト・オペアンプ	V_{OS} : 5μV, I_S : 2μA, V_S : 2.7V~5.25V, 20kHz, RRIO
ADA4051	シングル/デュアル・マイクロパワー・ゼロドリフト・オペアンプ	V_{OS} : 15μV, I_S : 17μA, V_S : 1.8V~5.5V, 115kHz, RRIO
LT6023	スルーレートの高いマイクロパワー・オペアンプ	V_{OS} : 20μV, I_S : 20μA, V_S : 3V~30V, 40kHz
LTC2054/LTC2055	シングル/デュアル・マイクロパワー・ゼロドリフト・オペアンプ	V_{OS} : 5μV, I_S : 130μA, V_S : 2.7V~11V, 500kHz, レール・トゥ・レール出力
LTC2057/LTC2057HV	高電圧、低ノイズのゼロドリフト・オペアンプ	V_{OS} : 4μV, I_S : 1.2mA, V_S : 4.75V~60V, 1.5MHz, レール・トゥ・レール出力
LTC2050/LTC2050HV	ゼロドリフト・オペアンプ	V_{OS} : 3μV, I_S : 1.5mA, V_S : 2.7V~12V, 3MHz, レール・トゥ・レール出力
LTC2051/LTC2052	デュアル/クワッド、ゼロドリフト・オペアンプ	V_{OS} : 3μV, I_S : 1.5mA, V_S : 2.7V~12V, 3MHz, レール・トゥ・レール出力
LTC2053	抵抗でプログラム可能な高精度レール・トゥ・レールのゼロドリフト計装アンプ	V_{OS} : 10μV, I_S : 1.3mA, V_S : 2.7V~12V, 200kHz, RRIO
LT5400	整合したクワッド抵抗回路網	整合精度: 0.01%, 温度ドリフト: 8ppm/°C、整合の温度ドリフト: 0.2ppm/°C
AD7170	12ビット低消費電力Σ-Δ ADC	変換モードでは 130μA、シャットダウン時には 5μA
LTC5800	SmartMesh® ワイヤレス・センサ・ネットワーク IC	ワイヤレス・メッシュ・ネットワーク
LT6656	850nA の高精度電圧リファレンス	850nA、温度ドリフト: 10ppm/°C、精度: 0.05%、SOT-23 パッケージ