

# マイクロパワー、高精度、 低損失シリーズ 電圧リファレンス・ファミリ

## 特長

- 高精度にトリミング済み: 0.04%(最大)
- 低ドリフト: 3ppm/°C(最大)
- 低消費電流: 50μA(最大)
- 高出力電流: 50mA(最小)
- 低損失電圧: 300mV(最大)
- 優れたサーマル・レギュレーション
- パワー・シャットダウン
- 熱制限
- 動作温度範囲: -40°C ~ 125°C
- 電圧オプション: 2.5V、3V、3.3V、4.096V、5V

## アプリケーション

- A/DおよびD/Aコンバータ
- 高精度レギュレータ
- ハンドヘルド機器
- 電源

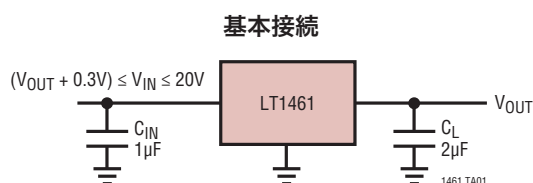
## 概要

**LT®1461** は高精度と低ドリフトに低消費電流と高出力ドライブを組み合わせた低損失マイクロパワー・バンドギャップ・リファレンス・ファミリです。このシリーズのリファレンスは先進の曲率補償技術を使用して低い温度係数を達成し、高精度にトリミングされた薄膜抵抗で高い出力精度を実現します。LT1461ファミリの消費電流はわずか35μAで、低消費電力の携帯アプリケーションに最適ですが、50mAの高出力ドライブにより、高精度レギュレータなどの比較的高電力の要件も満たすことができます。

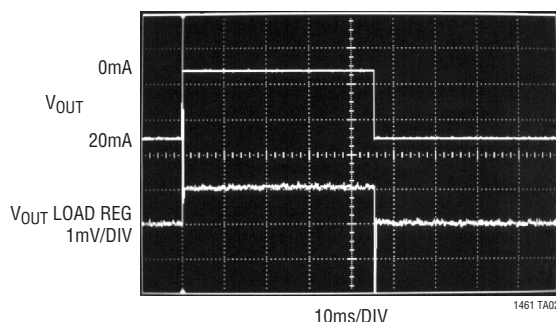
低消費アプリケーションでは、300mV以下の損失電圧により、完全なリファレンス性能を維持しながらバッテリー寿命を最大限に延ばすことができます。ライン・レギュレーションはほとんど測定不能です。非常に良好なロード・レギュレーションやサーマル・レギュレーションがシステムエラーの主要な要因となることはありません。シャットダウン機能を使用して全負荷電流を切り換え可能です。また、シャットダウン機能はシステムのパワーダウンにも使用できます。サーマル・シャットダウンにより、過負荷状態からデバイスを保護することができます。LT1461には、2.5V、3V、3.3V、4.096V、5Vのオプションがあります。

LT、LT、LTC、LTM、Linear TechnologyおよびLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

## 標準的応用例



**LT1461-2.5 ロード・レギュレーション、 $P_{DISS} = 200mW$**

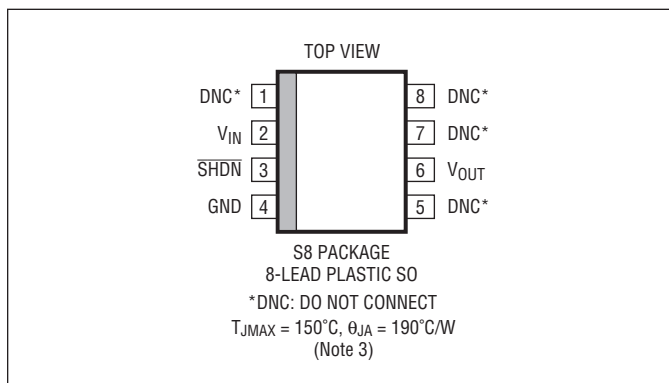


# LT1461

## 絶対最大定格 (Note 1)

入力電圧 .....	20V
出力短絡時間 .....	無制限
動作温度範囲 (Note 2) .....	-40°C ~ 125°C
保存温度範囲 (Note 3) .....	-65°C ~ 150°C
規定温度範囲	
コマーシャル (C) .....	0°C ~ 70°C
インダストリアル (I) .....	-40°C ~ 85°C
ハイ (H) .....	-40°C ~ 125°C
リード温度 (半田付け、10 秒) .....	300°C

## ピン配置



## 発注情報

無鉛仕上げ	テープアンドリール	製品マーキング	パッケージ	規定温度範囲
LT1461ACS8-2.5#PBF	LT1461ACS8-2.5#TRPBF	461A25	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461ACS8-3#PBF	LT1461ACS8-3#TRPBF	1461A3	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461ACS8-3.3#PBF	LT1461ACS8-3.3#TRPBF	461A33	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461ACS8-4#PBF	LT1461ACS8-4#TRPBF	1461A4	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461ACS8-5#PBF	LT1461ACS8-5#TRPBF	1461A5	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461BCS8-2.5#PBF	LT1461BCS8-2.5#TRPBF	461B25	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461BCS8-3#PBF	LT1461BCS8-3#TRPBF	1461B3	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461BCS8-3.3#PBF	LT1461BCS8-3.3#TRPBF	461B33	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461BCS8-4#PBF	LT1461BCS8-4#TRPBF	1461B4	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461BCS8-5#PBF	LT1461BCS8-5#TRPBF	1461B5	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461CCS8-2.5#PBF	LT1461CCS8-2.5#TRPBF	461C25	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461CCS8-3#PBF	LT1461CCS8-3#TRPBF	1461C3	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461CCS8-3.3#PBF	LT1461CCS8-3.3#TRPBF	461C33	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461CCS8-4#PBF	LT1461CCS8-4#TRPBF	1461C4	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461CCS8-5#PBF	LT1461CCS8-5#TRPBF	1461C5	8-LEAD PLASTIC SO	0°C to 70°C
LT1461AIS8-2.5#PBF	LT1461AIS8-2.5#TRPBF	61AI25	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C
LT1461AIS8-3#PBF	LT1461AIS8-3#TRPBF	461AI3	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C
LT1461AIS8-3.3#PBF	LT1461AIS8-3.3#TRPBF	61AI33	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C
LT1461AIS8-4#PBF	LT1461AIS8-4#TRPBF	461AI4	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C
LT1461AIS8-5#PBF	LT1461AIS8-5#TRPBF	461AI5	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C
LT1461BIS8-2.5#PBF	LT1461BIS8-2.5#TRPBF	61BI25	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C
LT1461BIS8-3#PBF	LT1461BIS8-3#TRPBF	461BI3	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C
LT1461BIS8-3.3#PBF	LT1461BIS8-3.3#TRPBF	61BI33	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C
LT1461BIS8-4#PBF	LT1461BIS8-4#TRPBF	461BI4	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C
LT1461BIS8-5#PBF	LT1461BIS8-5#TRPBF	461BI5	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C
LT1461CIS8-2.5#PBF	LT1461CIS8-2.5#TRPBF	61CI25	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C
LT1461CIS8-3#PBF	LT1461CIS8-3#TRPBF	461CI3	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C

1461fa

## 発注情報

無鉛仕上げ	テープアンドリール	製品マーキング	パッケージ	規定温度範囲
LT1461CIS8-3.3#PBF	LT1461CIS8-3.3#TRPBF	61CI33	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C
LT1461CIS8-4#PBF	LT1461CIS8-4#TRPBF	461CI4	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C
LT1461CIS8-5#PBF	LT1461CIS8-5#TRPBF	461CI5	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 85°C
LT1461DHS8-2.5#PBF	LT1461DHS8-2.5#TRPBF	61DH25	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 125°C
LT1461DHS8-3#PBF	LT1461DHS8-3#TRPBF	461DH3	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 125°C
LT1461DHS8-3.3#PBF	LT1461DHS8-3.3#TRPBF	61DH33	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 125°C
LT1461DHS8-4#PBF	LT1461DHS8-4#TRPBF	461DH4	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 125°C
LT1461DHS8-5#PBF	LT1461DHS8-5#TRPBF	461DH5	8-LEAD PLASTIC SO	-40°C to 125°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。  
非標準の鉛仕上げ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。

無鉛仕上げ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。

## 利用可能なオプション

初期精度	温度係数	温度範囲	出力電圧				
			2.5V	3.0V	3.3V	4.096V	5.0V
0.04% Max	3ppm/°C Max	0°C to 70°C	LT1461ACS8-2.5	LT1461ACS8-3	LT1461ACS8-3.3	LT1461ACS8-4	LT1461ACS8-5
0.04% Max	3ppm/°C Max	-40°C to 85°C	LT1461AIS8-2.5	LT1461AIS8-3	LT1461AIS8-3.3	LT1461AIS8-4	LT1461AIS8-5
0.06% Max	7ppm/°C Max	0°C to 70°C	LT1461BCS8-2.5	LT1461BCS8-3	LT1461BCS8-3.3	LT1461BCS8-4	LT1461BCS8-5
0.06% Max	7ppm/°C Max	-40°C to 85°C	LT1461BIS8-2.5	LT1461BIS8-3	LT1461BIS8-3.3	LT1461BIS8-4	LT1461BIS8-5
0.08% Max	12ppm/°C Max	0°C to 70°C	LT1461CCS8-2.5	LT1461CCS8-3	LT1461CCS8-3.3	LT1461CCS8-4	LT1461CCS8-5
0.08% Max	12ppm/°C Max	-40°C to 85°C	LT1461CIS8-2.5	LT1461CIS8-3	LT1461CIS8-3.3	LT1461CIS8-4	LT1461CIS8-5
0.15% Max	20ppm/°C Max	-40°C to 125°C	LT1461DHS8-2.5	LT1461DHS8-3	LT1461DHS8-3.3	LT1461DHS8-4	LT1461DHS8-5

## 電気的特性

●は規定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、 $V_{IN} - V_{OUT} = 0.5\text{V}$ 、 $\text{Pin } 3 = 2.4\text{V}$ 、 $C_L = 2\mu\text{F}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage (Note 4)	LT1461ACS8/LT1461AIS8 LT1461BCS8/LT1461BIS8 LT1461CCS8/LT1461CIS8 LT1461DHS8	-0.04 -0.06 -0.08 -0.15		0.04 0.06 0.08 0.15	% % % %
Output Voltage Temperature Coefficient (Note 5)	LT1461ACS8/LT1461AIS8 LT1461BCS8/LT1461BIS8 LT1461CCS8/LT1461CIS8 LT1461DHS8	● ● ● ●	1 3 5 7	3 7 12 20	ppm/°C ppm/°C ppm/°C ppm/°C
Line Regulation	$(V_{OUT} + 0.5\text{V}) \leq V_{IN} \leq 20\text{V}$ LT1461DHS8	● ●	2 15	8 50	ppm/V ppm/V
Load Regulation Sourcing (Note 6)	$V_{IN} = V_{OUT} + 2.5\text{V}$ $0 \leq I_{OUT} \leq 50\text{mA}$ LT1461DHS8, $0 \leq I_{OUT} \leq 10\text{mA}$	● ●	12	30 40 50	ppm/mA ppm/mA ppm/mA

## 電気的特性

●は規定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、 $V_{IN} - V_{OUT} = 0.5\text{V}$ 、 $\text{Pin } 3 = 2.4\text{V}$ 、 $C_L = 2\mu\text{F}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Dropout Voltage	$V_{IN} - V_{OUT}$ , $V_{OUT}$ Error = 0.1%				
	$I_{OUT} = 0\text{mA}$		0.06		V
	$I_{OUT} = 1\text{mA}$		0.13	0.3	V
	$I_{OUT} = 10\text{mA}$		0.20	0.4	V
	$I_{OUT} = 50\text{mA}$ , I and C Grades Only		1.50	2.0	V
Output Current	Short $V_{OUT}$ to GND		100		mA
Shutdown Pin	Logic High Input Voltage	2.4			V
	Logic High Input Current, Pin 3 = 2.4V		2	15	$\mu\text{A}$
	Logic Low Input Voltage		0.5	0.8	V
	Logic Low Input Current, Pin 3 = 0.8V			4	$\mu\text{A}$
Supply Current	No Load		35	50	$\mu\text{A}$
				70	$\mu\text{A}$
Shutdown Current	$R_L = 1\text{k}$		25	35	$\mu\text{A}$
				55	$\mu\text{A}$
Output Voltage Noise (Note 7)	$0.1\text{Hz} \leq f \leq 10\text{Hz}$ $10\text{Hz} \leq f \leq 1\text{kHz}$		8		ppm <sub>P-P</sub>
			9.6		ppm <sub>RMS</sub>
Long-Term Drift of Output Voltage, SO-8 Package (Note 8)	See Applications Information		60		ppm/ $\sqrt{\text{kHz}}$
Thermal Hysteresis (Note 9)	$\Delta T = 0^\circ\text{C}$ to $70^\circ\text{C}$		40		ppm
	$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$		75		ppm
	$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ to $125^\circ\text{C}$		120		ppm

**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。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可能性がある。

**Note 2:** LT1461 は、 $-40^\circ\text{C}$  ~  $125^\circ\text{C}$  の温度範囲で動作することが保証されている。

**Note 3:** 熱ヒステリシスによって出力が変化することがある。動作時だけでなく保管時にも熱ヒステリシスはデバイスに影響を及ぼす。

**Note 4:** ESD (静電気放電) の影響を受けやすいデバイス。ESD 保護されたデバイスが幅広く LT1461 内でも使われているが、大量の静電気放電が発生するとデバイスが損傷したり、性能が低下することがある。ESD に対する適切な取り扱いに注意を払うこと。

**Note 5:** 温度係数は、 $T_{MIN}$ 、室温および  $T_{MAX}$  で測定された最小および最大出力電圧から次式で得られる。

$$TC = (V_{OMAX} - V_{OMIN}) / (T_{MAX} - T_{MIN})$$

上昇スロープも  $25^\circ\text{C}$  で測定される。

**Note 6:** ロードレギュレーションは、無負荷から規定負荷電流までバリス・ベースで測定される。ダイ温度の変化による出力の変化は個々に考慮に入れる必要がある。

**Note 7:** ピーク・ツー・ピーク・ノイズは、 $0.1\text{Hz}$  の単極ハイパス・フィルタと  $10\text{Hz}$  の 2 極ローパス・フィルタを使用して測定される。ユニットはリード線への熱電対効果を除去するために、静止雰囲気中に封止される。テスト時間は 10 秒である。RMS ノイズは  $10\text{Hz}$  の単極ハイパス・フィルタと  $1\text{kHz}$  の 2 極ローパス・フィルタを使用して測定される。測定結果の出力は全波整流されてから一定周期で積分され、最終的な読み取り値は RMS ではなく平均値となる。平均値を RMS 値に変換するために補正係数 1.1 が使用され、フィルタの非理想バンドパス特性を補正するのに 2 次補正として 0.88 が使用される。

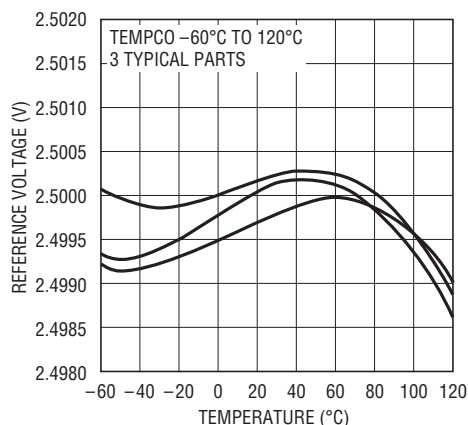
**Note 8:** 長期ドリフトは通常、対数特性を有しているため、1000 時間以降の変動はそれ以前よりもはるかに小さくなる傾向がある。次の 1000 時間におけるトータル・ドリフトは通常、最初の 1000 時間の 1/3 未満であり、ドリフトは時間の経過とともに減少する傾向がある。また、長期ドリフトはボード・アセンブリ時に発生した IC とボード材の差異によるストレスによっても影響を受ける。「アプリケーション情報」を参照のこと。

**Note 9:** 出力電圧のヒステリシスはパッケージ・ストレスによって生成される。パッケージ・ストレスは、IC がそれまで置かれていた温度によって異なる。出力電圧は常に  $25^\circ\text{C}$  で測定されるが、IC は次の測定前にホットまたはコールドにサイクルされる。ヒステリシスはほぼ温度変化の二乗に比例する。ヒステリシスは、機器が保管される可能性のある動作温度範囲では、高温でも低温でも通常は問題ない。「アプリケーション情報」を参照のこと。

## 標準的性能特性

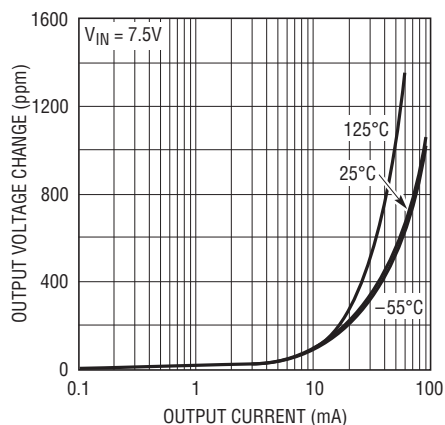
特性曲線は大部分のLT1461で類似しています。LT1461-2.5とLT1461-5の曲線は電圧オプションの最小値と最大値を示します。他の出力電圧の特性曲線は、これらの曲線の間に収まり、電圧出力に基づいて推測できます。

2.5Vリファレンス電圧と温度



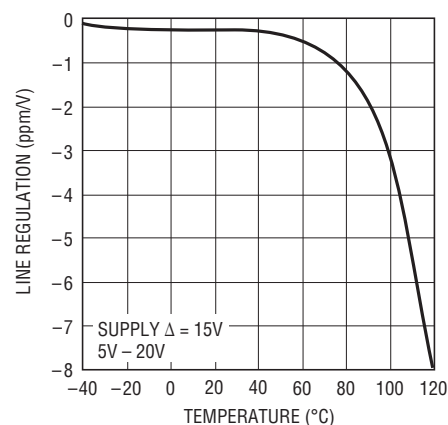
1461 G01

2.5Vロード・レギュレーション



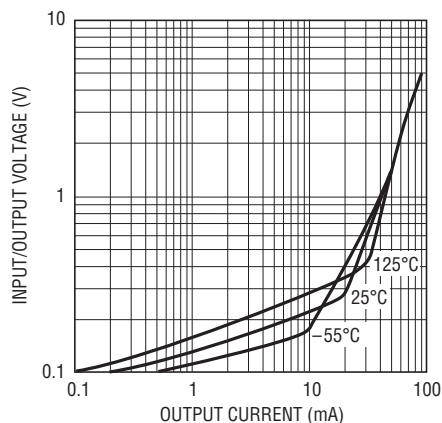
1461 G02

2.5Vライン・レギュレーションと温度



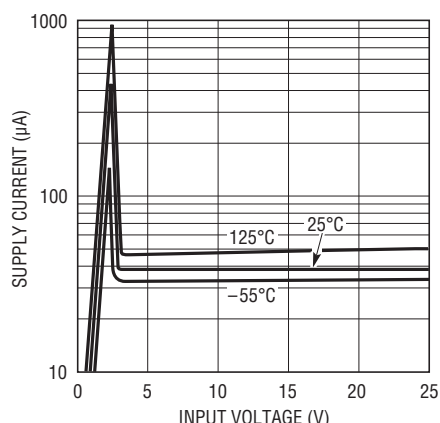
1461 G03

2.5V最小入力/出力電圧差と負荷電流



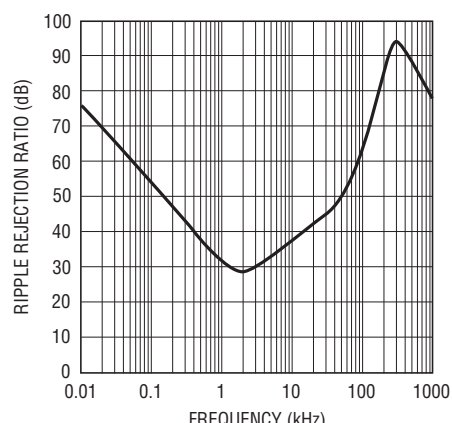
1461 G04

2.5V電源電流と入力電圧



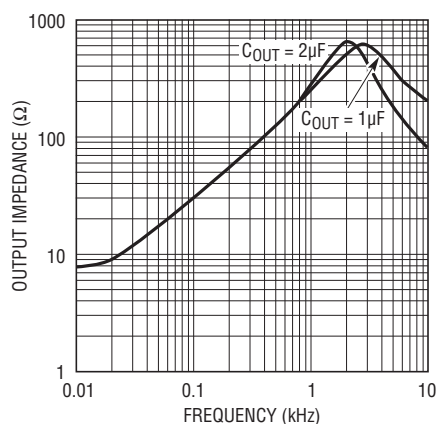
1461 G05

2.5Vリップル除去比と周波数



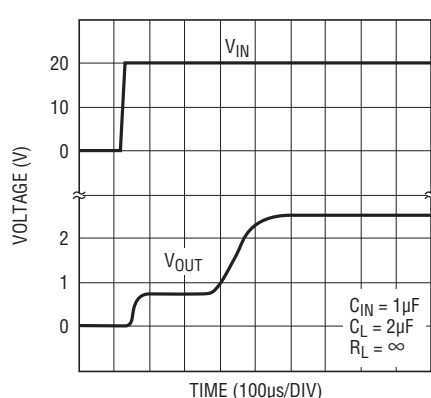
1461 G06

2.5V出力インピーダンスと周波数



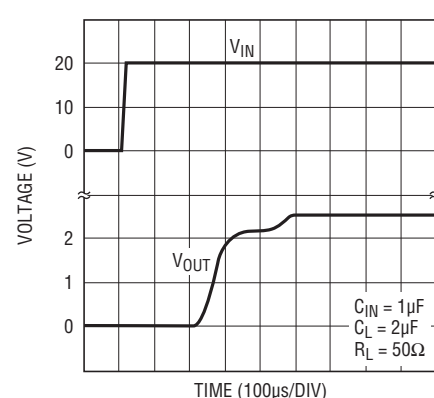
1461 G07

2.5Vターンオン時間



1461 G08

2.5Vターンオン時間



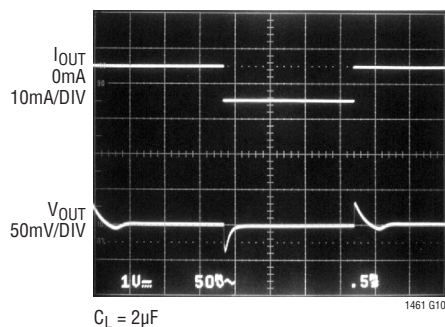
1461 G09

1461fa

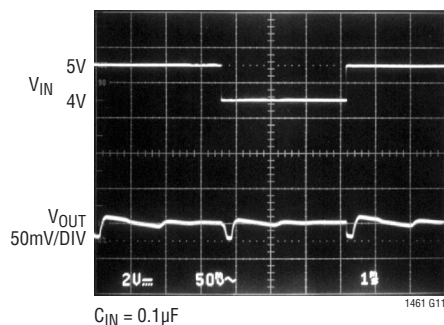
## 標準的性能特性

特性曲線は大部分のLT1461で類似しています。LT1461-2.5とLT1461-5の曲線は電圧オプションの最小値と最大値を示します。他の出力電圧の特性曲線は、これらの曲線の間に収まり、電圧出力に基づいて推測できます。

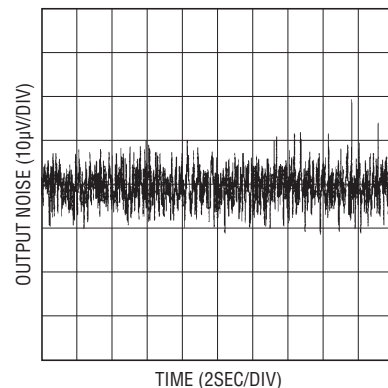
10mA 負荷ステップに対する  
2.5V 過渡応答



2.5V ラインの過渡応答

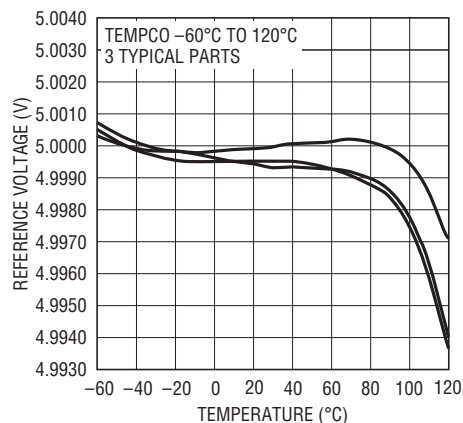


2.5V 出力ノイズ  
 $0.1\text{Hz} \leq f \leq 10\text{Hz}$



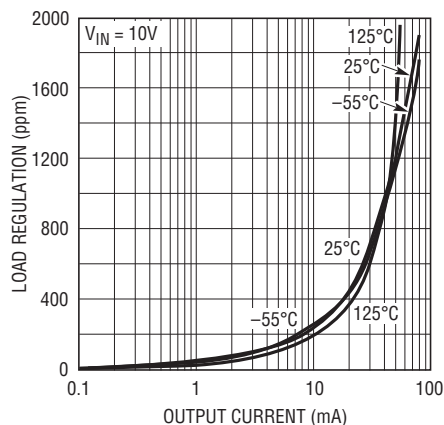
1461 G12

5V リファレンス電圧と温度



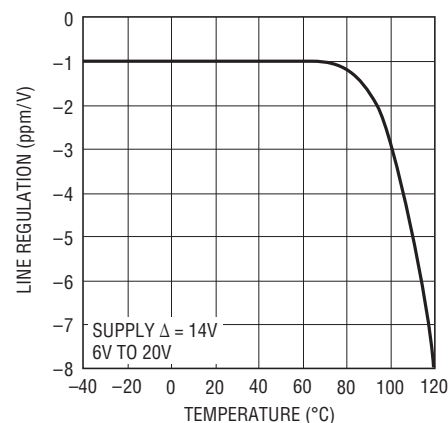
1461 G13

5V ロードレギュレーション



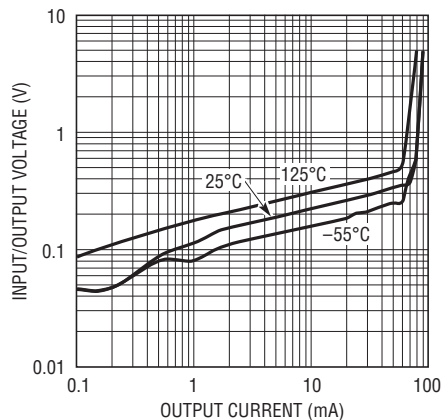
1461 G14

5V ラインレギュレーションと温度



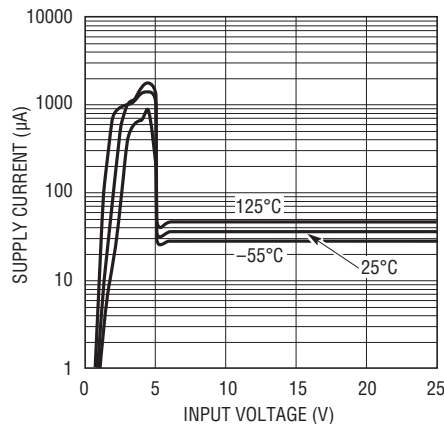
1461 G15

5V 最小入力/出力電圧差と  
負荷電流



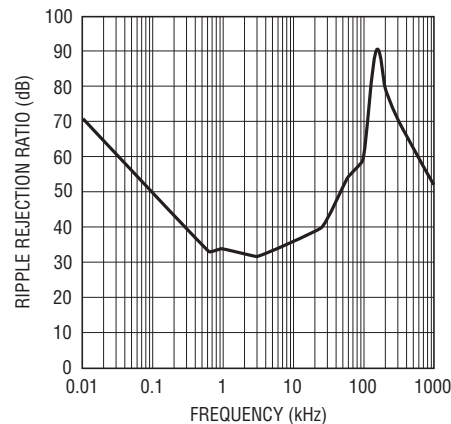
1461 G16

5V 電源電流と入力電圧



1461 G17

5V リプル除去比と周波数



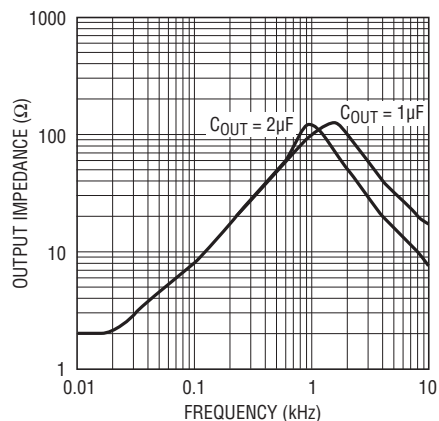
1461 G18



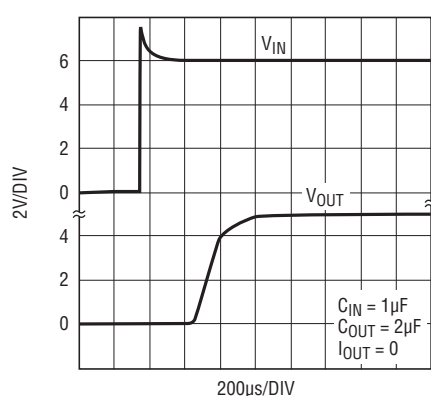
## 標準的性能特性

特性曲線は大部分のLT1461で類似しています。LT1461-2.5とLT1461-5の曲線は電圧オプションの最小値と最大値を示します。他の出力電圧の特性曲線は、これらの曲線の間に収まり、電圧出力に基づいて推測できます。

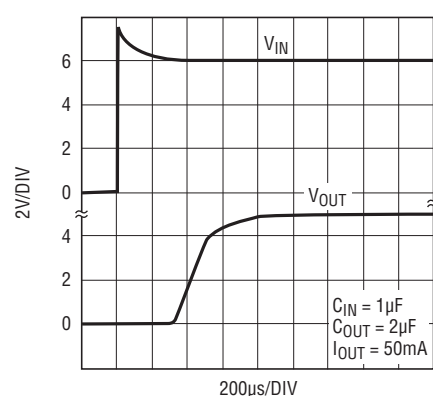
5V出力インピーダンスと周波数



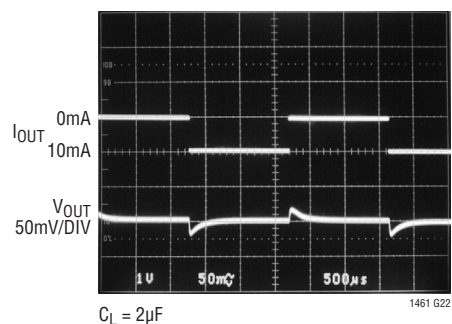
5Vターンオン時間



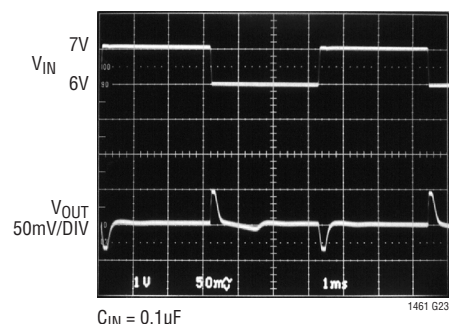
5Vターンオン時間



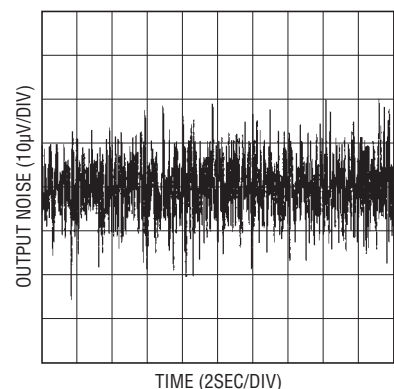
10mA負荷ステップに対する  
5V過渡応答



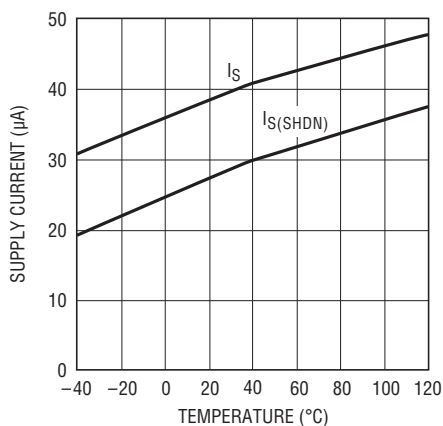
5Vラインの過渡応答



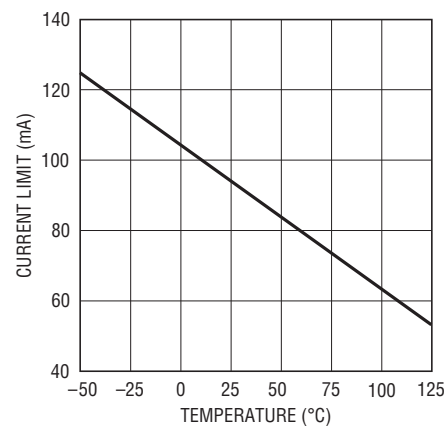
5V出力ノイズ  
0.1Hz ≤ f ≤ 10Hz



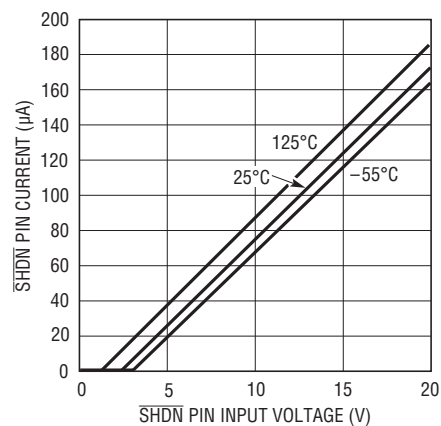
電源電流と温度



電流制限と温度



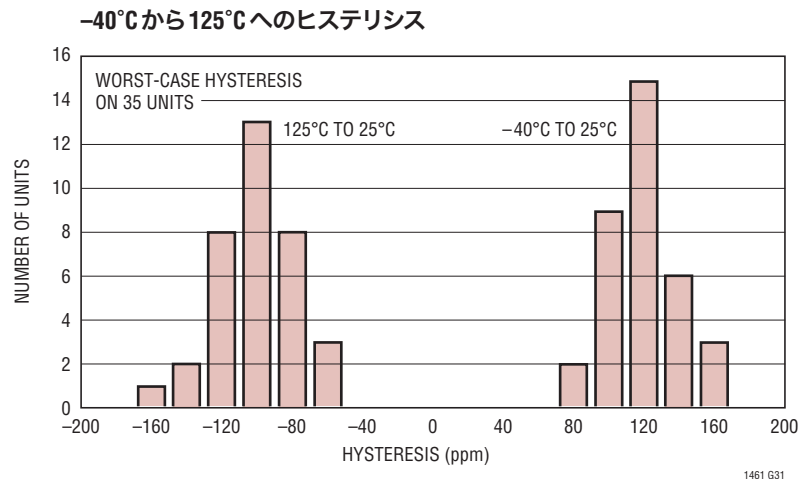
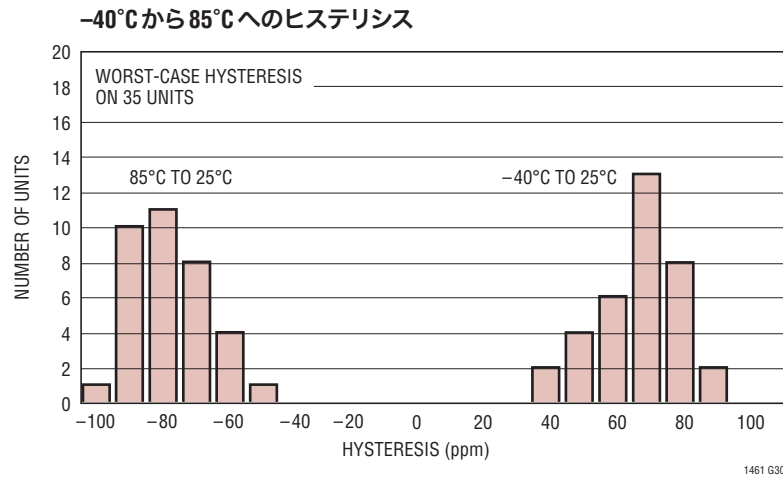
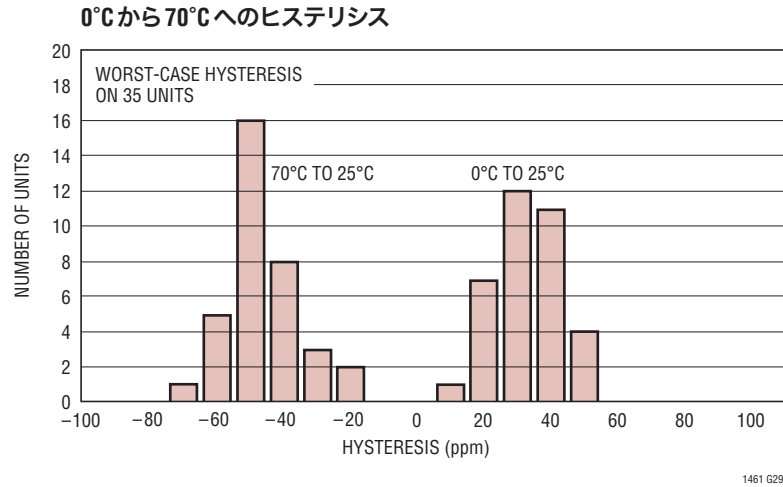
SHDNピン電流とSHDN入力電圧



# LT1461

## 標準的性能特性

特性曲線は大部分のLT1461で類似しています。LT1461-2.5とLT1461-5の曲線は電圧オプションの最小値と最大値を示します。他の出力電圧の特性曲線は、これらの曲線の間に収まり、電圧出力に基づいて推測できます。



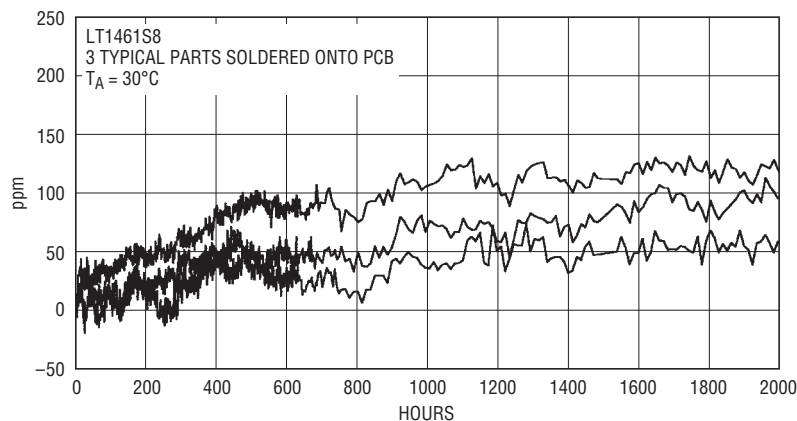
1461fa



## 標準的性能特性

特性曲線は大部分のLT1461で類似しています。LT1461-2.5とLT1461-5の曲線は電圧オプションの最小値と最大値を示します。他の出力電圧の特性曲線は、これらの曲線の間に収まり、電圧出力に基づいて推測できます。

長期ドリフト(データ・ポイント数を650時間に削減)\*



1461 G28

\*SEE APPLICATIONS INFORMATION FOR DETAILED EXPLANATION OF LONG-TERM DRIFT

## アプリケーション情報

このアプリケーション例では、LT1461-2.5を使用しています。その他の電圧オプションの応答は、適切なスケージングで推測することができます。

### バイパス・コンデンサと負荷コンデンサ

LT1461 ファミリーは安定のために入力と出力にコンデンサを必要とします。入力部分のコンデンサは電源バイパス・コンデンサであり、他のコンポーネントからのバイパス・コンデンサが近くにある場合は(2インチ以内)、それらだけで十分です。出力コンデンサはリファレンスの周波数補償として機能し、省略することはできません。1mA以下の軽負荷の場合は、通常、極性のない1 $\mu$ F出力コンデンサが適切ですが、高負荷の場合(最大75mA)、出力コンデンサは2 $\mu$ F以上とします。図1と2はそれぞれ1 $\mu$ F出力コンデンサを使用した1mA負荷ステップ、2 $\mu$ F出力コンデンサを使用した50mAステップへの過渡応答を示したものです。

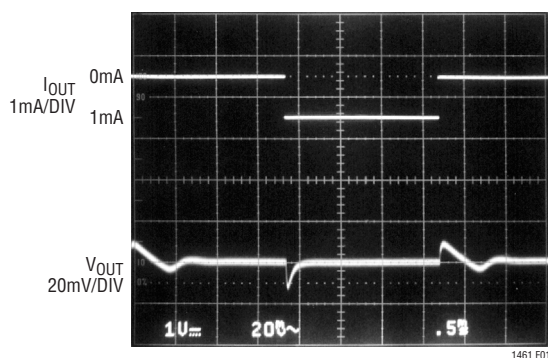


図1.  $C_L = 1\mu F$ での1mA負荷ステップ

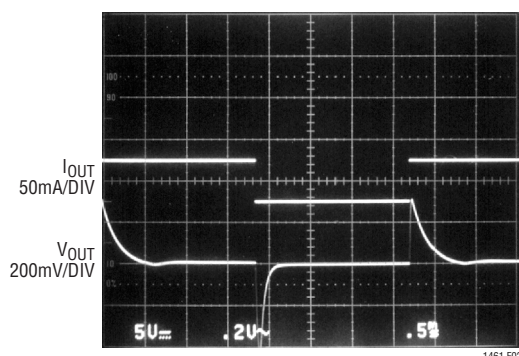


図2.  $C_L = 2\mu F$ での50mA負荷ステップ

### 高精度レギュレータ

LT1461は $V_{IN} = V_{OUT} + 2.5V$ で50mAの電流を供給し、 $V_{IN}$ がさらに高くなると、より高い負荷電流を供給します。ロード・レギュレーションは通常12ppm/mAであり、50mAの負荷ステップでは、出力が1.5mVしか変動しないことを意味します。サーマル・レギュレーションはダイ温度の勾配や負荷電流または入力電圧変動によって生じますが、これを測定することはできません。よく見落とされるこのパラメータは通常のライン・レギュレーション・エラーおよびロード・レギュレーション・エラーに加える必要があります。このデータ・シートの最初のページにあるロード・レギュレーションの写真は瞬間消費電力200mWへの出力応答を示したものであり、サーマル・エラーの兆候はありません。サーマル・シャットダウン機能があり、接合温度が150°Cを超えるとオフになります。

### シャットダウン

LT1461がレギュレータとして使用されているときにシャットダウン機能(ピン3が“L”)で負荷電流をシャットオフします。LT1461は、通常、ピン3がオープン状態または2.4V以上で動作します。シャットダウン時の最大電源電流は、35 $\mu$ Aです。図3は、25mAの電流が流れているときのシャットダウンの過渡応答を示したものです。シャットダウン後は、約200 $\mu$ sで起動します。

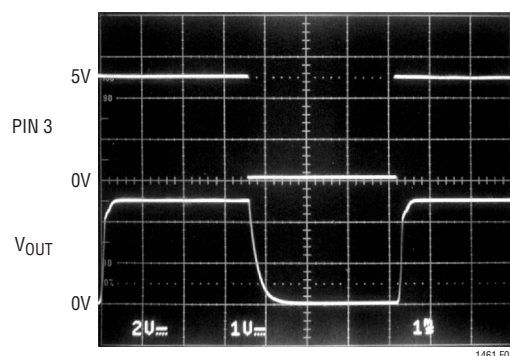


図3. 供給電流25mA、 $R_L = 100\Omega$ 時のシャットダウン

## アプリケーション情報

### PCボード・レイアウト

初期精度と温度係数の較正を行った13～16ビット・システムでは、PCボード(たとえば、カード・ケージ内の)への機械的および熱的ストレスによって出力電圧がシフトし、リファレンスの真の温度係数が分からなくなってしまう可能性があります。さらにPCボードへの半田付けによる機械的ストレスで、出力電圧が理想値からシフトするおそれがあります。表面実装電圧リファレンスは、リード・フレームを保持するために少量のプラスチックを使用しているため、最もPCボード・ストレスの影響を受けやすい部品です。

ストレスに関連するシフトを改善する簡単な方法は、リファレンスをPCボードの短辺側のエッジ付近、またはコーナーに実装することです。ボード・エッジはストレス境界、すなわちボードの屈曲が最小となる部分です。パッケージがストレスを吸収するのではなく、リードがストレスを吸収するようにパッケージを取り付ける必要があります。図5aに示すように、パッケージは一般にPCボードの長い側面に平行に配置します。

図4に示すように、電圧リファレンスへのストレスの影響を評価する定性的な手法は、PCボードに部品を半田付けして、ボードを一定量だけ変形させることです。屈曲の#1では変位がなく、#2は凹形変位、#3は弛緩により変位がなくなっており、最

後の#4は凸形変位です。この動きは多数のサイクルにわたって繰り返され、相対的な出力偏差が記録されます。図5aに示す結果は、縦に実装された2個のLT1461S8-2.5に対するものであり、図5bは横に実装された2個のLT1461S8-2.5に対するものです。図5aの方向に配置された部品はストレスがリードで吸収されるので、パッケージにかかるストレスが小さくなります。図5aと図5bは、125 $\mu$ Vと250 $\mu$ Vの間の偏差を示し、それぞれ50ppmと100ppmの変化を表しています。これは、13～14ビット・システムに対応していますが、システムが較正されていない限り、ほとんどの10～12ビット・システムにとっては問題になりません。この場合、温度ヒステリシスと同様、この低いレベルが重要となるため、さらに慎重な手法が要求されます。

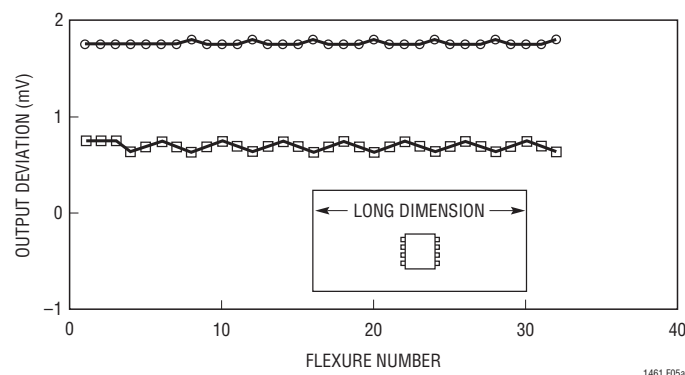


図5a. 2個の標準LT1461S8-2.5、  
スロットなし縦方向配置

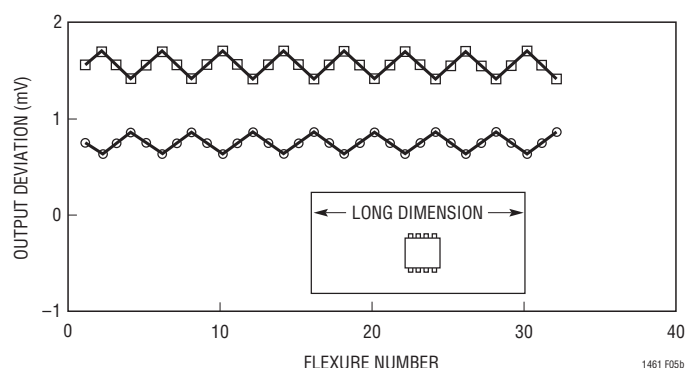


図5b. 2個の標準LT1461S8-2.5、  
スロットなし横方向配置

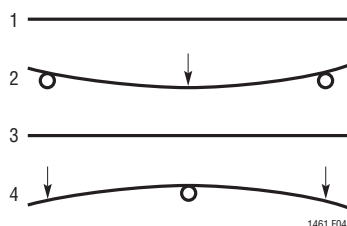


図4. 屈曲番号

## アプリケーション情報

PC ボードへのストレスを改善する最も効果的な手法は、ボードのリファレンスの周囲に、歪みを緩和する働きのあるスロットを切ることです。スロットはリファレンスの3つの側面に切っておき、残りの側面からリードを出すことができます。このPC ボード材の「舌」をボードの長手方向に配置すれば、リファレンスに移されたストレスをさらに低減することができます。

図 5a と図 5b の PC ボードにスロットを切った結果を図 6a と図 6b に示します。この例では、スロットを切ること出力シフトを約 100ppm からほぼ 0 に改善できます。

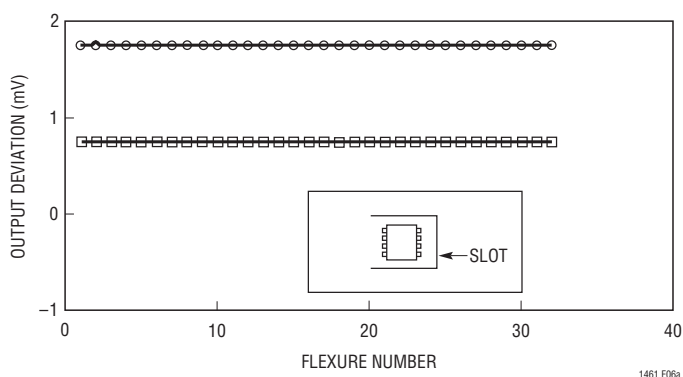


図 6a. 図 5a の 2 個の LT1461S8-2.5 と同じで、スロットあり

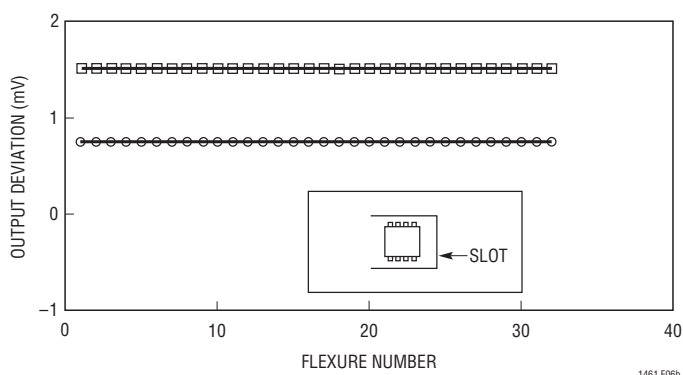


図 6b. 図 5b の 2 個の LT1461S8-2.5 と同じで、スロットあり

## 長期ドリフト

長期ドリフトは、加速高温試験から推定することはできません。この誤った手法のもとでは、かなり楽観的なドリフト数値となって表れます。長期ドリフトを確定できる唯一の方法は、対象となる期間にわたってそれを測定することです。誤った手法では、上昇した温度の読み取り値から加速係数を Arrhenius 式で導き出していました。その数式は以下のようなものです。

$$A_F = e^{\frac{E_A}{K} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}$$

ここで、 $E_A$  = 活性化エネルギー (0.7 を想定)

$K$  = ボルツマン定数

$T_2$  = テスト条件 (ケルビン  $K$ )

$T_1$  = 条件温度を使用 (ケルビン  $K$ )

この手法がいかに誤っているかを示すために LT1461 データを比較します。30°C における標準的な 1000 時間の長期ドリフト = 60ppm。130°C における標準的な 1000 時間の長期ドリフト = 120ppm。Arrhenius 式から加速度係数は、

$$A_F = e^{\frac{0.7}{0.0000863} \left( \frac{1}{303} - \frac{1}{403} \right)} = 767$$

その結果、誤って得られた長期ドリフト値は、

$$120\text{ppm}/767 = 0.156\text{ppm}/1000\text{ hr}$$

2.5V リファレンスでは、これは、1000 時間後のシフト量 0.39 $\mu$ V に相当します。ピーク・ツー・ピーク出力ノイズがこの数値より大きくなるかどうかを確定することは極めて困難 (事実上、不可能) です。実際問題として、実験室で得られる最良のリファレンスは Fluke 製 732A であり、その長期ドリフトは、1.5 $\mu$ V/mo です。このパフォーマンスが得られるのは、専用のヒーター手法を利用した最良のサブサーフェス・ツェナー・リファレンスのみです。

## アプリケーション情報

LT1461 長期ドリフト・データは、「実際の」アプリケーションに類似するPCボードに半田付けされた部品から取得したものです。ボードは、 $T_A = 30^\circ\text{C}$ の恒温槽に入れられ、それらの出力は定期的にスキャンされ、8.5桁のデジタル電圧計(DVM)で測定されました。さらにDVMの測定確度をチェックするためにFluke製732A試験用リファレンスもスキャンされました。図7に長期ドリフト測定システムを示します。取得されたデータをこのデータ・シートの「標準的性能特性」に示します。長期ドリフトは、2000時間の値に漸近線的に収束するトレンド・ラインです。0～1000時間の出力シフトのスロープと1000～2000時間のスロープを比較してください。長期ドリフトはボード・アセンブリ時に発生したICとボード材の差異によるストレスによって影響を受けます。

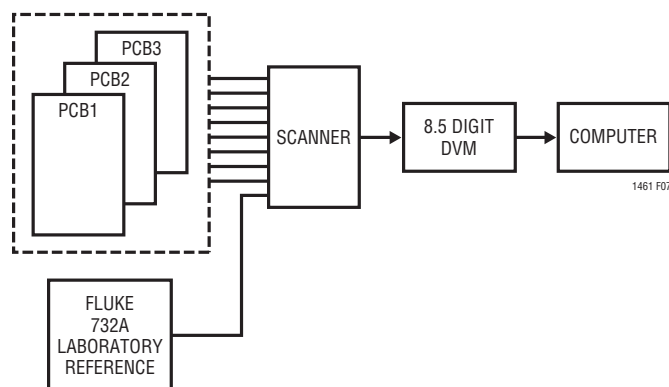


図7. 長期ドリフトの測定セットアップ

## ヒステリシス

「標準的性能特性」に示すヒステリシス曲線は、複数の温度サイクル後の代表的な35部品から取得したワースト・ケース・データを示します。当然、より広い $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の広い温度範囲でサイクルした部品のほうがそれより低い範囲のものよりヒステリシスが多くなります。125°Cから25°Cへのヒステリシスは、 $-40^\circ\text{C}$ から25°Cへのヒステリシスに影響を与えることに注意してください。 $-40^\circ\text{C}$ から25°Cへのヒステリシスは、その部品がそれまでに置かれていた温度によって異なります。これは、高温でのストレスが25°C測定時にすべて解放されているとは限らないためです。

標準性能ヒステリシス・カーブは、ソケットに取り付けられた部品のものであり、その部品だけの性能を表しています。さらに興味深いのがPCボードに赤外線半田付けされた部品です。PCボードが $-40^\circ\text{C}$ から $85^\circ\text{C}$ まで数回にわたって温度サイクルされると、その結果のヒステリシス・カーブは、図8に示したもののようになります。このグラフは、PCボードがリファレンスに与えるストレスの影響を示しています。

LT1461がPCボードに半田付けされると、その出力は熱ヒステリシスによってシフトします。図9は、標準的な赤外線リフロー方式でPCボードに40個の部品を半田付けしたときの効果を示したものです。平均的な出力電圧のシフトは、 $-110\text{ppm}$ です。12日後にこれらの部品を再測定すると、それらの出力値は初期値に対して $45\text{ppm}$ だけ戻っています。この2回目のシフトは、半田付け時に発生したストレスが緩和されたことによるものです。

## アプリケーション情報

LT1461は高消費電力に対応しており、LT1461-2.5の場合、 $17.5V \cdot 50mA = 875mW$ です。SO-8パッケージの熱抵抗は $190^{\circ}C/W$ で、この消費電力によって内部温度が $166^{\circ}C$ に上昇し、接合部温度は $T_J = 25^{\circ}C + 166^{\circ}C = 191^{\circ}C$ となります。実際には、サーマル・シャットダウンによって接合部温度が $150^{\circ}C$ 前後に制限されます。この高い温度が原因で、熱ヒステリシスによる出力のシフトが発生します。このような状況では、

標準的な出力シフトは $-135ppm$ ですが、この数値はさらに高くなる可能性もあります。この高消費電力によって $25^{\circ}C$ 出力精度が規定限界値を超過する可能性があります。**高精度アプリケーションで最高の性能を発揮させるためには、LT1461の接合部温度が $125^{\circ}C$ を超えないようにしてください。**

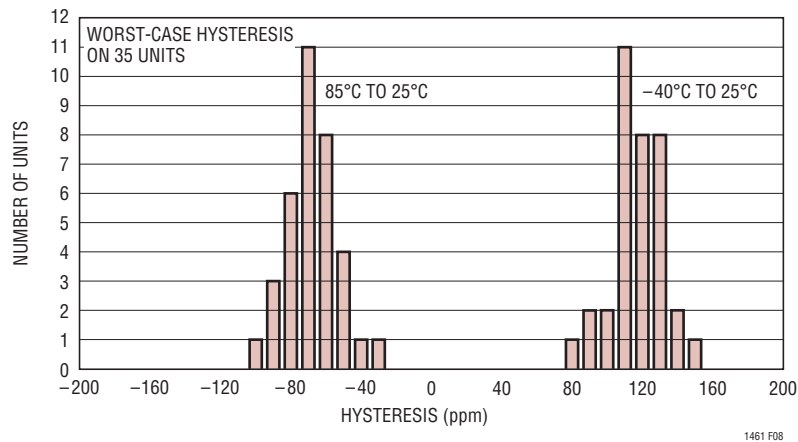


図8. PCボードに半田付けされた35部品の $-40^{\circ}C$ から $85^{\circ}C$ へのヒステリシス

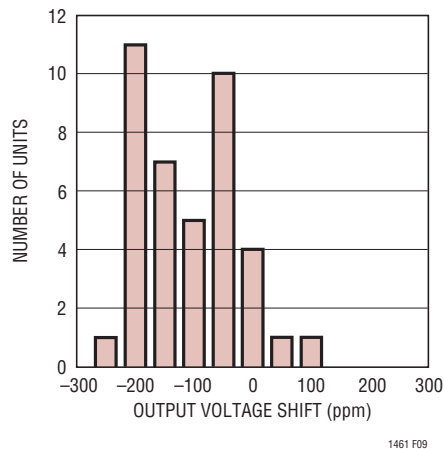
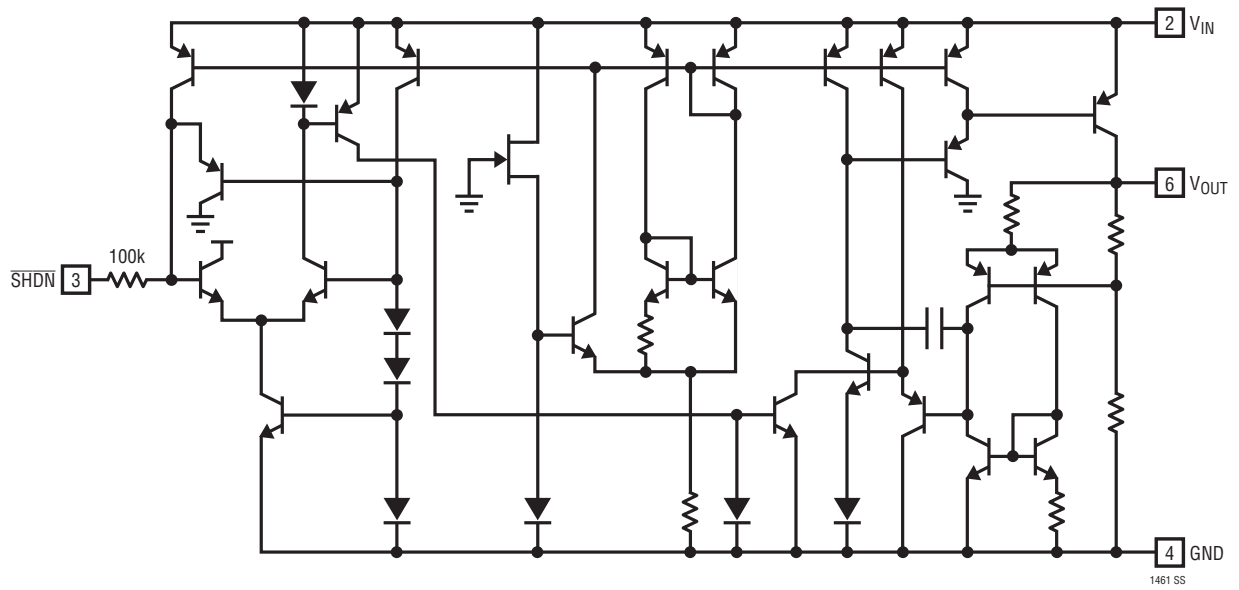


図9. PCボードへの半田付け後の出力電圧シフトの標準的な分布

簡略図

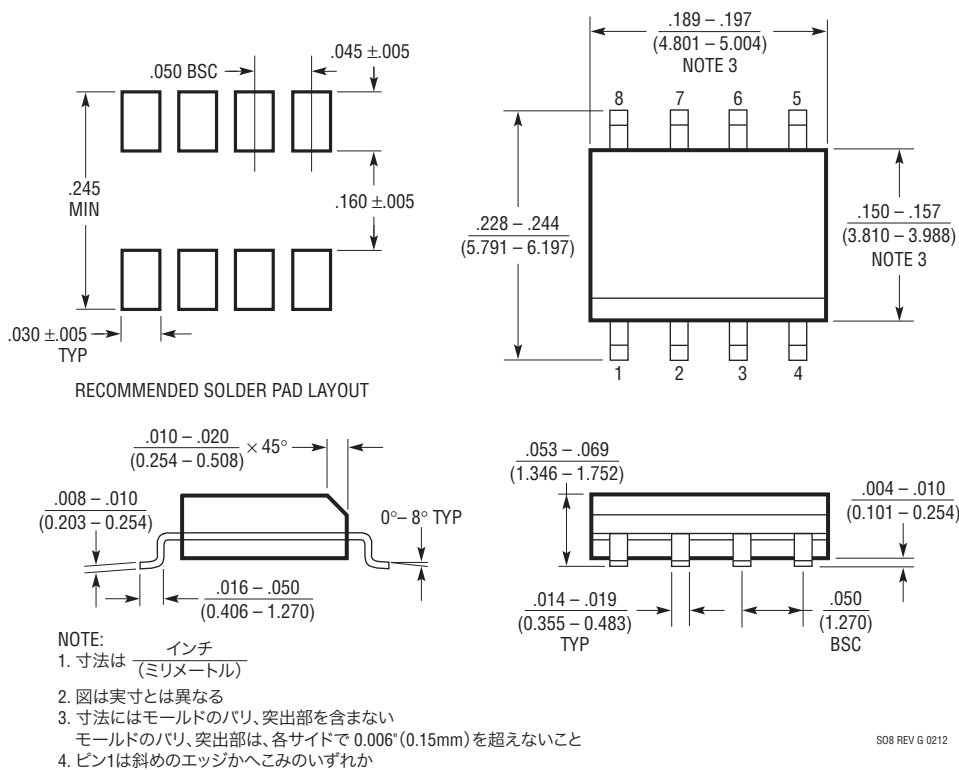




## パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/>をご覧ください。

### S8 Package 8-Lead Plastic Small Outline (Narrow .150 Inch) (Reference LTC DWG # 05-08-1610 Rev G)

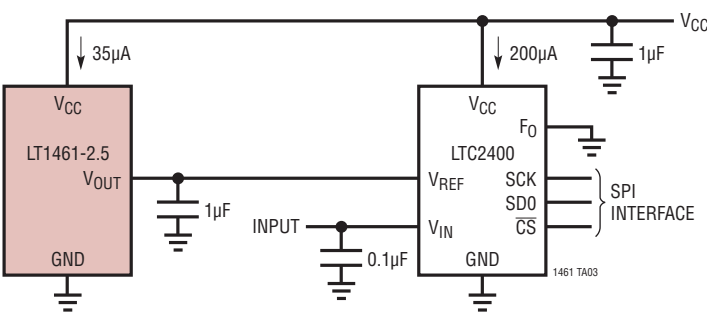


改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	04/15	「特長」を修正。	1
		V <sub>IN</sub> の記述と標準的応用例の図を修正。	1
		「発注情報」を更新。	2
		Note 3 の温度ヒステリシスの記述を更新。	4
		「関連製品」の表を更新。	18

標準的応用例

ローパワー 16ビット A/D



NOISE PERFORMANCE\*  
VIN = 0V, VNOISE = 1.1ppmRMS = 2.25µVRMS = 16µVp-p  
VIN = VREF/2, VNOISE = 1.6ppmRMS = 4µVRMS = 24µVp-p  
VIN = VREF, VNOISE = 2.5ppmRMS = 6.25µVRMS = 36µVp-p  
\*FOR 24-BIT PERFORMANCE USE LT1236 REFERENCE

関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1460	マイクロパワー・シリーズ・リファレンス	高精度: 0.075%、ドリフト: 10ppm/°C、出力駆動電流: 20mA
LT1790	マイクロパワー・シリーズ・リファレンス	高精度: 0.05%、ドリフト: 10ppm/°C、電源電流: 60µA
LTC®1798	マイクロパワー・シリーズ・リファレンス	10mAの出力駆動電流で最大200mVのドロップアウト電圧、シンク電流: 2mA、電源電流: 4µA
LT6650	マイクロパワー・リファレンスおよびバッファ	高精度: 0.5%、電源電流: 5.6µA、SOT23パッケージ
LTC6652	マイクロパワー・シリーズ・リファレンス	高精度: 0.05%、ドリフト: 5ppm/°C、動作温度範囲: -40°C ~ 125°C
LT6654	多用途、堅牢、高精度のマイクロパワー・リファレンス	高精度: 0.05%、ドリフト: 10ppm/°C、動作温度範囲: -55°C ~ 125°C、出力駆動電流: ±10mA、ドロップアウト電圧: 100mV、低ノイズ: 1.6ppmp-p
LT6656	1µA高精度シリーズ電圧リファレンス	高精度: 0.05%、ドリフト: 10ppm/°C、電源電流: 800nA、SOT-23パッケージ
LT6660	小型マイクロパワー・シリーズ・リファレンス	高精度: 0.2%、ドリフト: 20ppm/°C、出力駆動電流: 20mA、2mm×2mm DFNパッケージ