

# REF80 0.05ppm/°C のドリフト、変動が 1ppm 未満の安定性、温度制御型の埋め込みツェナー リファレンス

## 1 特長

- 最小の外部部品点数で 7.6V の超高精度リファレンス電圧
- 超低温度ドリフト: 0.05ppm/°C
- 優れた長期安定性: 0.3ppm (1000 時間 ~ 5000 時間)
- 温度安定インジケータ付き内蔵ヒーター
- 1/f ノイズ (0.1Hz ~ 10Hz) : 0.12ppm<sub>pk-pk</sub>
- 入力電圧範囲: 10V ~ 16.5V
- ヒーター電源範囲: 10V ~ 42V
- 気密封止セラミック パッケージ (20 ピン LCCC)

## 2 アプリケーション

- パラメトリック測定ユニット
- 実験室およびフィールド向け計測機器
- 高精度重量計
- バッテリ テスト機器
- デジタルマルチメータ
- ソース測定ユニット
- データ アクイジション

## 3 概要

REF80 は、高集積、超低ドリフト、埋め込みツェナー型の高精度電圧リファレンスです。REF80 は、高精度の 7.6V リファレンスと内部ヒーターを組み合わせることで、0.05ppm/°C の非常に小さい温度ドリフトを実現します。内蔵ヒーターにより、ダイの内部温度を一定の設定ポイントに維持します。これにより、周囲温度の変動にかかわらず、リファレンス電圧を一定に維持できます。デバイスの内部温度は、設計の複雑さを除去するように事前プログラミングされています。これにより、設計サイクルが短縮され、簡単に起動でき、高コストの外付け高精度部品に依存する必要はありません。

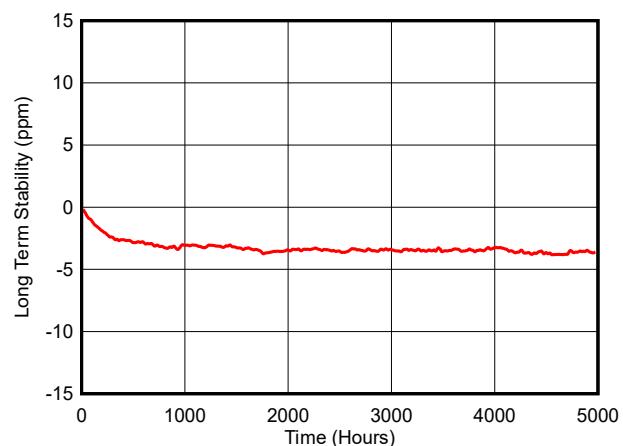
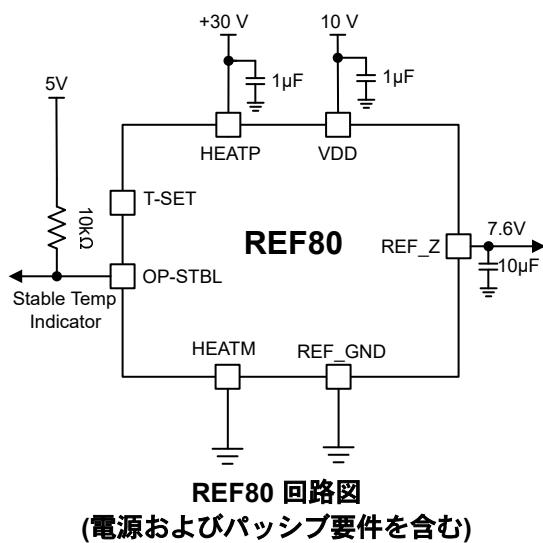
REF80 ファミリーは、20 ピン LCCC パッケージで供給されます。LCCC パッケージは、キャリブレーションなしで長期間安定して動作することが必要とされるアプリケーションのために、0ppm (セッティング後) という非常に低い長期ドリフト安定性仕様を実現できる気密封止セラミック パッケージです。このパッケージは、湿度の変化に対する耐性も非常に優れています。

### 製品情報

部品番号	パッケージ <sup>(1)</sup>	本体サイズ (公称) <sup>(2)</sup>
REF80	LCCC (20)	8.89mm × 8.89mm

(1) 利用可能なすべてのパッケージについては、データシートの末尾にある注文情報を参照してください。

(2) パッケージ サイズ(長さ × 幅)は公称値であり、該当する場合、これにはピンも含まれます。



リファレンス電圧ドリフトと時間との関係



このリソースの元の言語は英語です。翻訳は概要を便宜的に提供するもので、自動化ツール（機械翻訳）を使用していることがあり、TI では翻訳の正確性および妥当性につきましては一切保証いたしません。実際の設計などの前には、ti.com で必ず最新の英語版をご参照くださいますようお願いいたします。

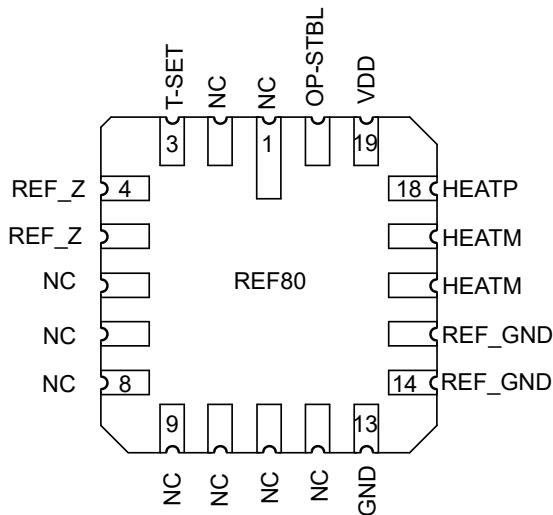
## 目次

1 特長	1	8.2 溫度ドリフト	14
2 アプリケーション	1	8.3 熱ヒステリシス	14
3 概要	1	8.4 ノイズ性能	15
4 デバイス比較表	3	9 アプリケーションと実装	18
5 ピン構成および機能	4	9.1 アプリケーション情報	18
6 仕様	5	9.2 代表的なアプリケーション	18
6.1 絶対最大定格	5	9.3 電源に関する推奨事項	23
6.2 ESD 定格	5	9.4 レイアウト	23
6.3 熱に関する情報	5	10 デバイスおよびドキュメントのサポート	24
6.4 推奨動作条件	6	10.1 ドキュメントのサポート	24
6.5 電気的特性	6	10.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法	24
6.6 代表的特性	8	10.3 サポート・リソース	24
7 詳細説明	11	10.4 商標	24
7.1 概要	11	10.5 静電気放電に関する注意事項	24
7.2 機能ブロック図	11	10.6 用語集	24
7.3 機能説明	11	11 改訂履歴	24
8 パラメータ測定情報	13	12 メカニカル、パッケージ、および注文情報	24
8.1 長期安定性	13		

## 4 デバイス比較表

製品名	$V_{REF\_Z}$	温度範囲
REF80000B1NAJT	7.6V	0°C~70°C

## 5 ピン構成および機能



**図 5-1. NAJ パッケージ、  
20 ピン LCCC  
(上面図)**

**表 5-1. ピンの機能**

ピン		タイプ	説明
名称	個数		
NC	1、2、6-12	接続なし	接続の無いピンこれらのピンはフローティングにするか、GND に接続します。
T-SET	3	入力	ヒータの温度を調整するための抵抗を接続します。工場出荷時にプログラマされたヒーター設定点を使用するには、ピンをフローティングのままにしてください。詳細については、 <a href="#">セクション 7.3.1</a> を参照してください。
REF_Z	4.5	出力	リファレンス電圧出力最高の性能を得るには、REF_GND に $10\mu F$ ~ $100\mu F$ の出力コンデンサを接続します。
GND	13	グランド	このピンは、REF_GND ピンと短絡させる必要があります。
REF_GND	14、15	グランド	リファレンスグランドピン。
HEATM	16、17	電源	ヒータ電源のマイナス接続。
HEATP	18	電源	ヒータ電源のプラス接続。
VDD	19	電源	埋め込みツェナーコアおよびバッファ用電源。
OP_STBL	20	出力	アクティブハイオーブンドレイン出力。内部ヒータが工場出荷時にプログラマされた温度で安定していることを示します。

## 6 仕様

### 6.1 絶対最大定格

広く動作温度範囲を超えて、定格電圧はすべて REF\_GND ピン電圧を基準としています(別途記載のない限り)<sup>(1)</sup>

		最小値	最大値	単位
電圧	VDD、OP_STBL、	-0.3	18	V
	T-set、NC	-0.3	6	V
	REF_Z	-0.3	10	V
	HEATP	-0.3	48	V
	HEATM	-42	0.3	V
	HEATP-HEATM	0	42	
出力短絡電流	I <sub>SC</sub>		30	mA
動作温度範囲	T <sub>A</sub>	-55	125	°C
保管温度範囲	T <sub>stg</sub>	-65	170	°C

- (1) 絶対最大定格を超えるストレスは、デバイスに永久的な損傷を与えます。絶対最大定格の状態で長時間動作させると、デバイスの信頼性が低下します。これはストレスの定格のみについて示してあり、絶対最大定格において、または規定された値を越えるいかなる条件でも、本製品の機能的な動作を暗黙に示すものではありません。これはストレスの定格のみについて示してあり、絶対最大定格、または電気的特性表に規定された値を越えるいかなる条件でも、本製品の機能的な動作を含意するものではありません。

### 6.2 ESD 定格

			値	単位
V <sub>(ESD)</sub>	静電放電	人体モデル (HBM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 準拠、すべてのピン <sup>(1)</sup>	±2000	V
		デバイス帶電モデル (CDM)、JEDEC 仕様 JESD22-C101 に準拠、すべてのピン <sup>(2)</sup>	±750	

(1) JEDEC のドキュメント JEP155 に、500V HBM では標準の ESD 管理プロセスで安全な製造が可能であると規定されています。

(2) JEDEC のドキュメント JEP157 に、250V CDM では標準の ESD 管理プロセスで安全な製造が可能であると規定されています。

### 6.3 熱に関する情報

熱評価基準 <sup>(1)</sup>		REF80		単位	
		NAJ (LCCC)			
		20 ピン			
		1s0p JEDEC	REF8EVM		
R <sub>θJA</sub>	接合部から周囲への熱抵抗	103.6	141.9	°C/W	
R <sub>θJB</sub>	接合部から基板への熱抵抗	45.1	55.8	°C/W	
Ψ <sub>JT</sub>	接合部から上面への特性パラメータ	38.3	39.2	°C/W	
Ψ <sub>JB</sub>	接合部から基板への特性パラメータ	45.1	55.8	°C/W	

- (1) 従来および最新の熱評価基準の詳細については、『半導体および IC パッケージの熱評価基準』アプリケーション レポートを参照してください。

## 6.4 推奨動作条件

動作温度範囲を超える定格電圧はすべて REF\_GND ピン電圧を基準として規定されています (別途記載のない限り)

		最小値	公称値	最大値	単位
電圧	VDD	10		16.5	V
	REF_Z	0		8	
	VHET ヒータ電圧、 $V_{(HEATP-HEATM)}$	10		42	
	HEATP	0		42	
	HEATM	-42		0	
	OP_STBL	0		VDD	
電流	OP_STBL ( $I_{OL}$ )	0		5	mA
$T_A$	動作温度	-40		70	°C

## 6.5 電気的特性

別途記載がない限り、 $VDD = 10V$ 、 $VHET = 30V$ 、 $T_{SET} = 115°C$ 、 $C_{REF\_Z} = 10\mu F$ 、 $C_{VDD} = 1\mu F$ 、 $I_L = 0mA$ 、T-SET = Open、 $OP\_STBL$  は  $10k\Omega$  抵抗を介して  $5V$  にプルアップされ、サポートされている温度範囲全体での最小および最大仕様、代表的な仕様  $T_A = 25°C$  となります。

パラメータ	テスト条件		最小値	標準値	最大値	単位
<b>精度とドリフト</b>						
REF_Z	出力電圧		7.6			V
	出力電圧精度		-50		50	mV
	出力電圧の温度係数 <sup>(1)</sup>	$T_A = 0°C \sim 70°C$	0.05	0.2	ppm/°C	
<b>ヒステリシスと長期安定性</b>						
長期安定性		1000 時間、 $T_A = 25°C$ 、 $T_{SET} = 115°C$	3			ppm
		1000 時間～5000 時間、 $T_A = 25°C$ 、 $T_{SET} = 115°C$	0.3			
出力電圧ヒステリシス	サイクル 1		1			ppm
	サイクル 2		0.3			ppm
<b>ノイズ</b>						
$e_{np-p}$	低周波ノイズ	$f = 0.1Hz \sim 10Hz$	0.12			ppm <sub>p-p</sub>
$e_n$	出力電圧ノイズ	$f = 10Hz \sim 100Hz$	0.6			uV <sub>rms</sub>
<b>ラインレギュレーション</b>						
$\Delta V_{REF\_Z}/\Delta VDD$	ラインレギュレーション	$VDD = 10V \sim 16.5V$	4	10	ppm/V	
<b>電源</b>						
VDD	入力電圧		10	16.5		V
VHET	入力電圧	(HEATP - HEATM)	10	42		V
IHET	スタートアップ電流		335			mA
	静止時電流	$T_A = 25°C$ 、 $T_{SET} = 115°C$ 、 $VHET = 10V$	75			
		$T_A = 25°C$ 、 $T_{SET} = 115°C$ 、 $V_{HEATER} = 42V$	18			
$I_{VDD}$	静止時電流		15			mA
<b>ターンオン時間</b>						
スタートアップ	$V_{REF\_Z}$	REF_Z は、VDD および VHET のパワーアップ時間から $\pm 3ppm$ 以内にセッティングします	100			秒
	ヒータ調整時間	OP_STBL は、VHET パワーアップ時間からロジック High レベルになります	250			ms

## 6.5 電気的特性 (続き)

別途記載がない限り、 $V_{DD} = 10V$ 、 $V_{HET} = 30V$ 、 $T_{SET} = 115^{\circ}C$ 、 $C_{REF\_Z} = 10\mu F$ 、 $C_{VDD} = 1\mu F$ 、 $I_L = 0mA$ 、T-SET = Open、 $OP\_STBL$  は  $10k\Omega$  抵抗を介して  $5V$  にプルアップされ、サポートされている温度範囲全体での最小および最大仕様、代表的な仕様  $T_A = 25^{\circ}C$ となります。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
<b>OP_STBL</b>						
$V_{OL}$	Low レベル出力電圧	$OP\_STBL$ ピン電流 $I_{OL} = 5mA$		0.65		V
$I_{LKG}$	出力が High のときのリーケージ電流	$OP\_STBL$ $V_{PULLUP} = 18V$ でのプルアップ電圧		100		nA
<b>安定的な静電容量</b>						
	入力コンデンサ範囲		0.1			$\mu F$
	出力コンデンサ範囲 (2)		10	100		$\mu F$

- (1) 温度ドリフトは、ボックス方式を使用して計算されます  
(2) コンデンサの ESR は、 $10m\Omega$  から  $400m\Omega$  までの範囲となります

## 6.6 代表的特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 10\text{V}$ 、 $VHET = 30\text{V}$ 、 $C_{REF\_Z} = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{VDD} = 1\mu\text{F}$ 、(別途記載のない限り)

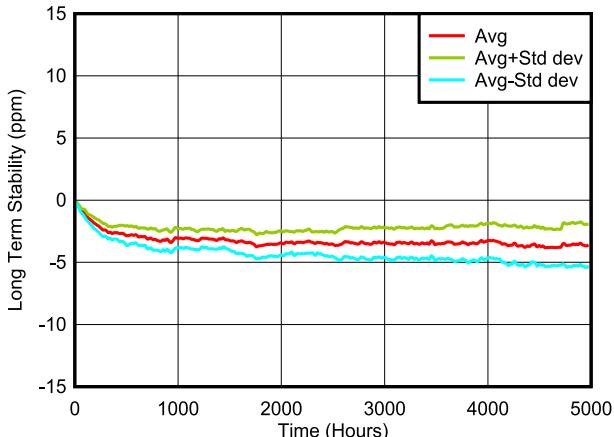


図 6-1. 長期安定性

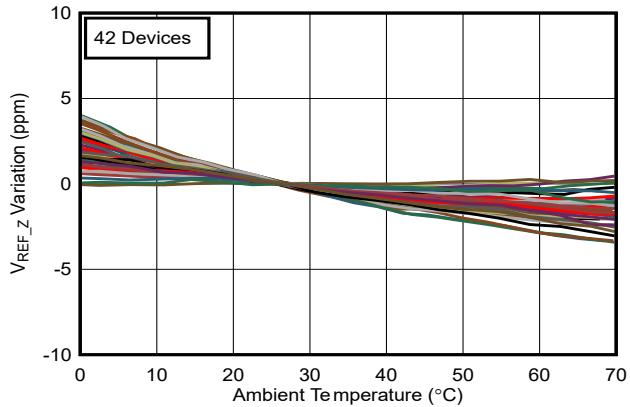


図 6-2.  $V_{REF\_Z}$  対 周囲温度

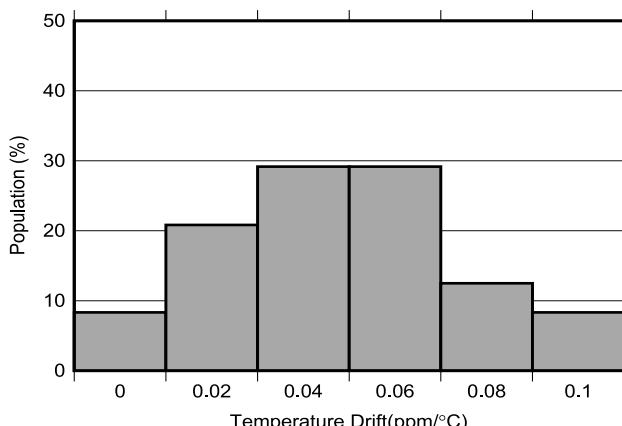


図 6-3. 温度ドリフトの分布

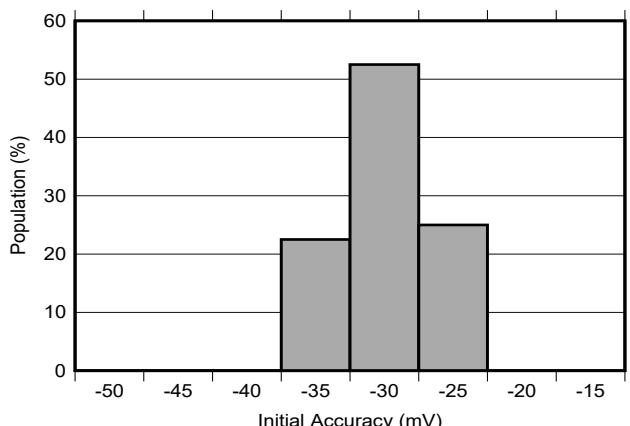


図 6-4. 精度の分散

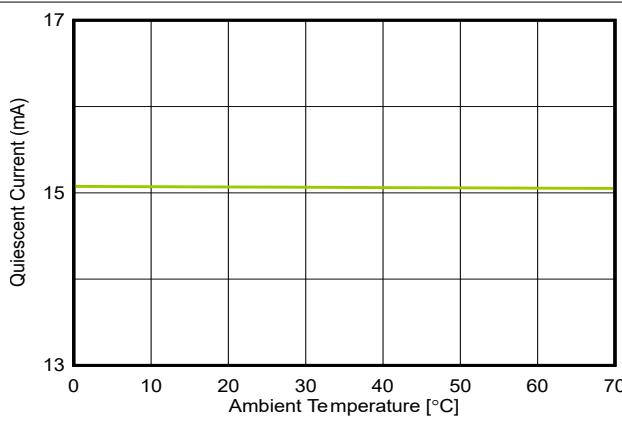


図 6-5. 電源電流 ( $I_{VDD}$ ) と温度との関係

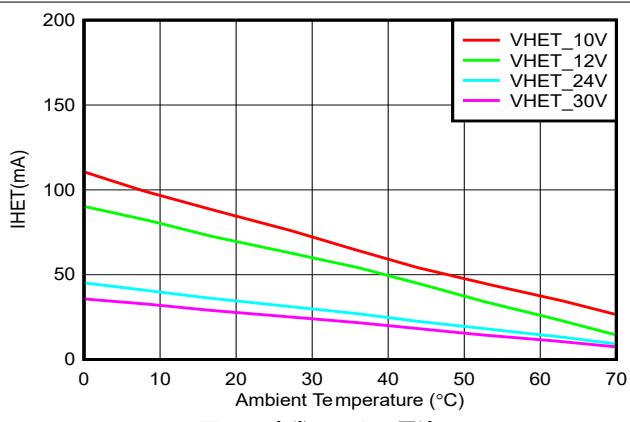


図 6-6. 定常ヒーター電流  
IHET 対 温度

## 6.6 代表的特性 (続き)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 10\text{V}$ 、 $VHET = 30\text{V}$ 、 $C_{REF\_Z} = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{VDD} = 1\mu\text{F}$ 、(別途記載のない限り)

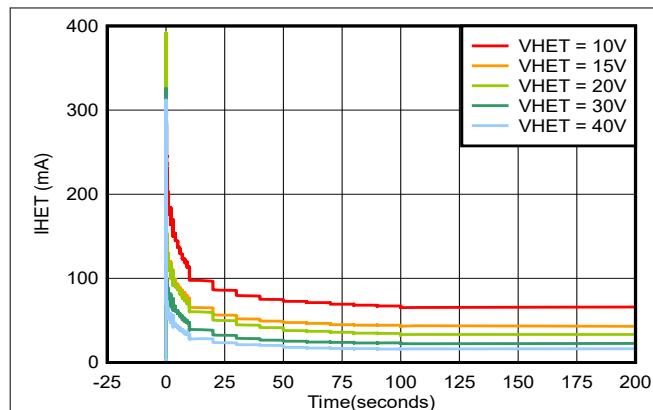


図 6-7. 起動ヒータ電流  
IHET 対時間

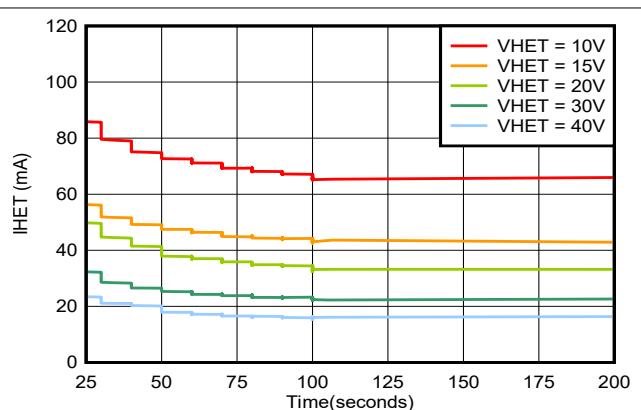


図 6-8. 起動ヒータ電流 (拡大図)  
IHET 対時間

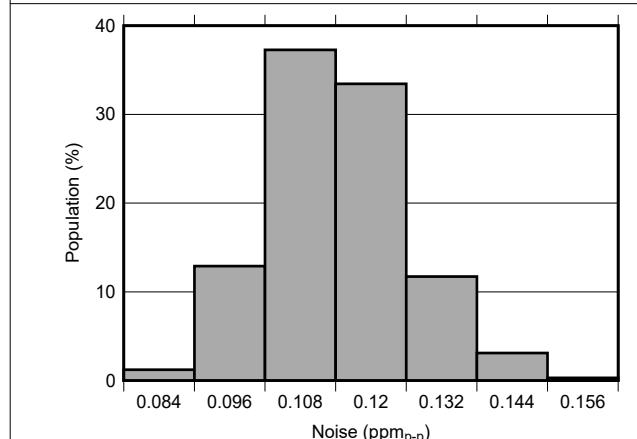


図 6-9. 0.1Hz~10Hz の電圧ノイズ分布

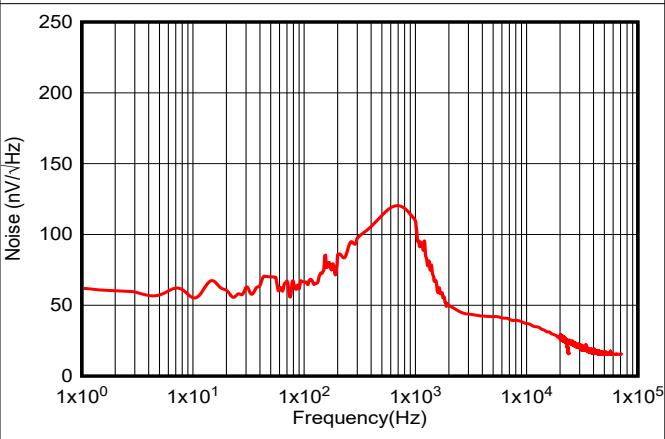


図 6-10. 電流ノイズ密度 対周波数

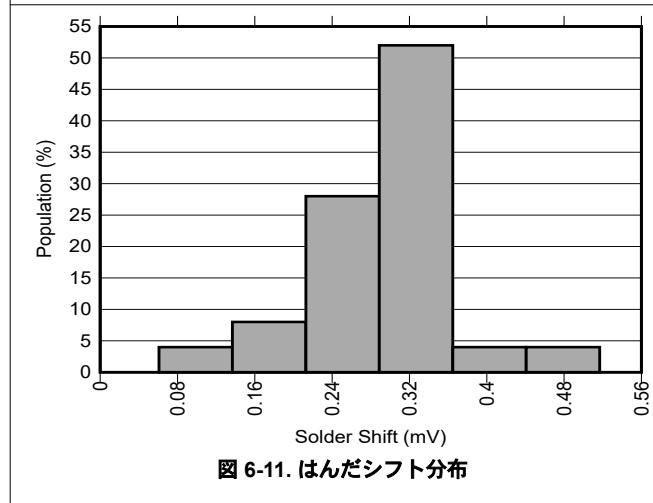


図 6-11. はんだシフト分布

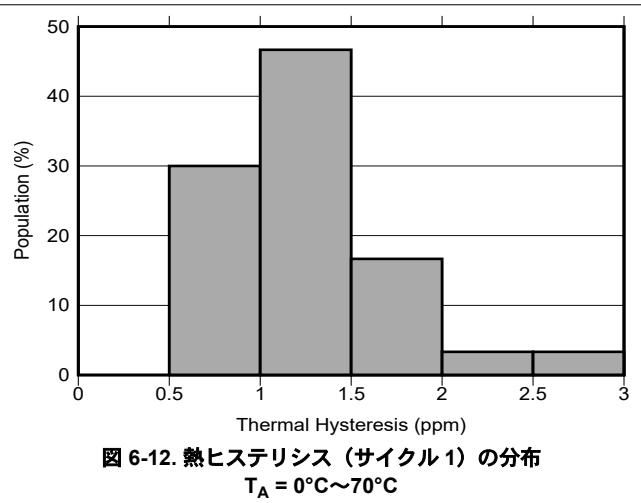


図 6-12. 热ヒステリシス (サイクル 1) の分布  
 $T_A = 0^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$

## 6.6 代表的特性 (続き)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 10\text{V}$ 、 $VHET = 30\text{V}$ 、 $C_{REF\_Z} = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{VDD} = 1\mu\text{F}$ 、(別途記載のない限り)

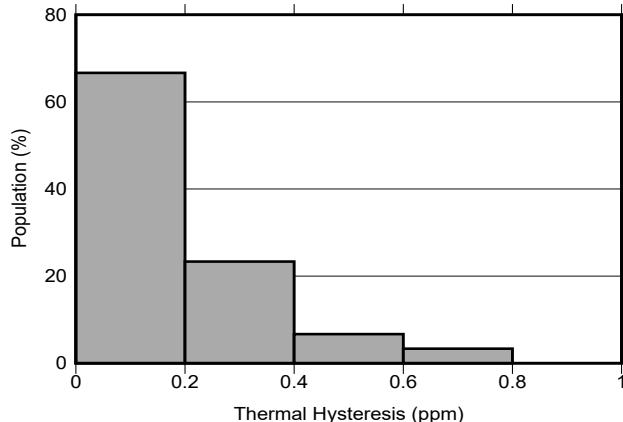


図 6-13. 热ヒステリシス (サイクル 2) の分布  
 $T_A = 0^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$

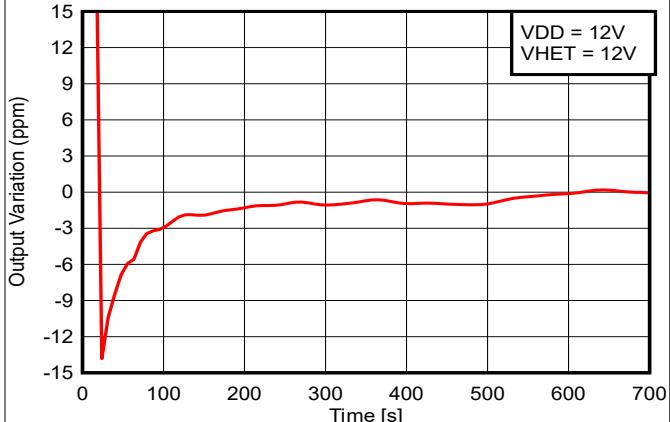


図 6-14. 起動時の動作

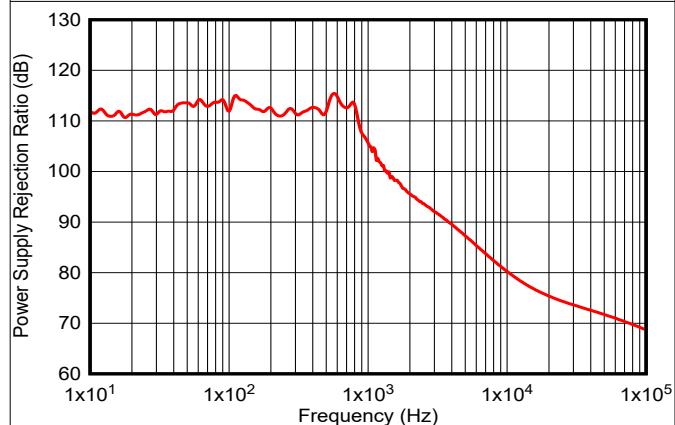


図 6-15. 電源除去比と周波数との関係

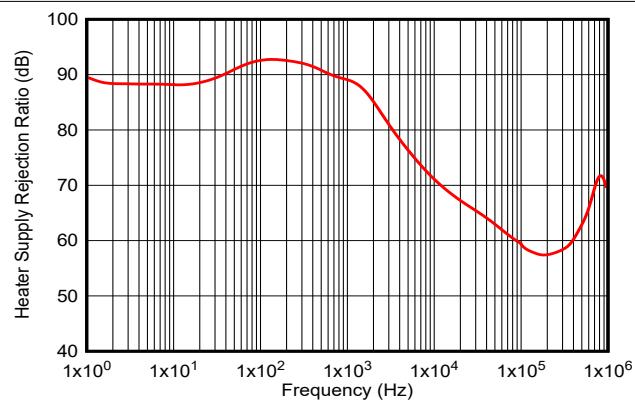


図 6-16. ヒーター供給除去比 vs 周波数

## 7 詳細説明

### 7.1 概要

REF80 は温度制御され、時間および温度に対して優れた電圧安定性を実現するよう特別に設計された埋め込み型ツェナー電圧リファレンスです。図 7-1 は、埋め込み型ツェナーとオンチップヒーター制御を使用した電圧リファレンスの生成を示す REF80 の概略ブロック図です。

### 7.2 機能ブロック図

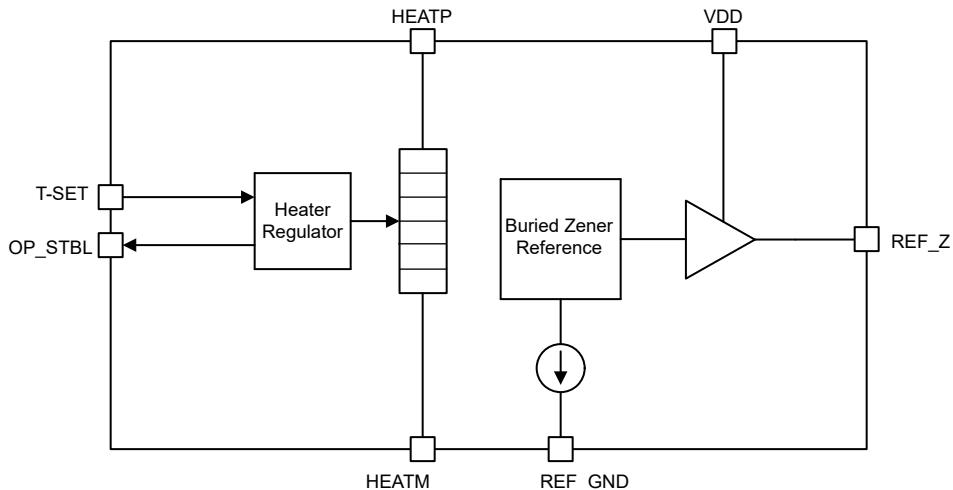


図 7-1. REF80 の機能ブロック図

### 7.3 機能説明

#### 7.3.1 ヒーター

REF80 にはオンチップヒーターが搭載されており、工場出荷時に  $T_{SET}$  温度表 7-1 にプログラムされ、全動作周囲温度範囲においてダイの温度を  $\pm 1^\circ\text{C}$  以内に調整します。これにより REF80 は  $0.05\text{ppm}/^\circ\text{C}$  という非常に低い温度ドリフトを達成します。ヒータには専用の供給ピン HEATP および HEATM があり、VDD 供給ピンとは独立して動作します。ヒーターの定常状態の消費電力は、式 1 に基づき周囲温度  $T_A$  と  $T_{SET}$  の差に正比例します。ヒータ電流は  $(\text{HEATP}-\text{HEATM})$  電圧によって異なります。ヒーターは起動時に大きな過渡電流を流し、周囲からデバイスを加熱します。REF80 にはヒーターインジケータピン OP\_STBL があり、ヒーターが  $T_{SET}$  の  $\pm 0.1\%$  以内に達するとデアサートされます。

表 7-1. ヒーターの  $T_{SET}$

動作温度範囲 ( $T_A$ )	$t_{SET}$
$0^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$	$115^\circ\text{C}$

$$P_{HEATER}(\text{W}) = \left( \frac{T_{SET} - T_A}{R_{0JA}} \right) - V_{DD} \times I_{VDD} \quad (1)$$

$V_{DD}$  はチップの電源電圧、 $I_{VDD}$  は電源電流です。

$R_{0JA}$  は、基板の厚さとレイアウトに依存します。 $R_{0JA}$  のデータシート値は、JEDEC 標準基板に基づいています。

REF80 は、従って  $T_{SET}$  ピンに許容誤差 2%未満の抵抗を配置することで、ヒーターの温度を下げるフレキシビリティを実現し表 7-2、制限のある周囲温度アプリケーションで消費電力を節約し、熱ノイズを低減します。ヒーターが温度を適切に調整していることを確認するには、 $T_{SET}$  を最大周囲温度から  $45^\circ\text{C}$  高い値に設定する必要があります。REF80 はスタートアップ時の抵抗の値をサンプリングし、 $T_{SET}$  の値がそれに応じて変更されます。 $T_{SET}$  ピンのサンプル・ディスクリート値であるため、抵抗値のドリフトが小さいことは  $T_{SET}$  温度に影響を与えません。

**表 7-2. T-SET ピン上の抵抗 VS T<sub>SET</sub> での変化**

T - SET ピン上の抵抗	ヒータ温度
0	t <sub>SET</sub>
130kΩ	T <sub>SET</sub> -10°C
360kΩ	T <sub>SET</sub> -20°C
800kΩ	T <sub>SET</sub> -30°C
オープン	t <sub>SET</sub>

デバイスの電源をオフにする必要のあるアプリケーションでは、デバイスを再度オンにする前に、少なくとも 15 秒の間電源をオフにしてください。

### 7.3.2 埋め込みツェナー基準

7.6V リファレンス出力は、15mA 電流でバイアスされる超低ノイズの埋め込みツェナー・ダイオードを使用して生成されます。この埋め込みツェナーは非常に安定した長期安定性特性を示すため、REF80 はキャリブレーション・グレードの機器の精度を達成するのに役立ちます。

## 8 パラメータ測定情報

### 8.1 長期安定性

埋め込みツェナー基準は一般に、非常に安定した長期安定性を示し、システムの内部キャリブレーション用の非常に安定した基準として使用されます。長期安定性値は、デバイスの周囲にひずみ変調構造を持つリファレンスの標準的な PCB 基板製造手法を反映した標準的なセットアップでテストされています。基板は標準 FR4 素材で、35 $\mu\text{m}$  の銅を使用しています。デバイスは、標準リフローを通してはんだ付けしました。

長期安定性セットアップは、長期安定性測定における熱電対誤差、ひずみ衝撃、機械振動の影響を最小限に抑えるよう細心の注意を払って設計されています。これらの基板は、長期的な安定性測定を目的として、ヒータ温度を電源オン状態で 115°C に設定したエアドリフトオープン内で 25°C に維持されます。

長期安定性の代表的特性は、時間経過による偏差として表されます。図 8-1 は、 $V_{\text{REF}_Z}$  の標準ドリフト値が 0~1000 時間で 3ppm であることを示します。REF80 のドリフトは 1000 時間後に平坦になります。室温での電源投入時のバーンインにより、REF80 は長期的に最高の安定性性能を達成します。

パワー サイクルは  $V_{\text{REF}_Z}$  の安定性への影響は最小限であり、セッティング プロファイルは変更されません。図 8-2 に、デバイスの電源が 24 時間オフになったときの出力の動作を示します。

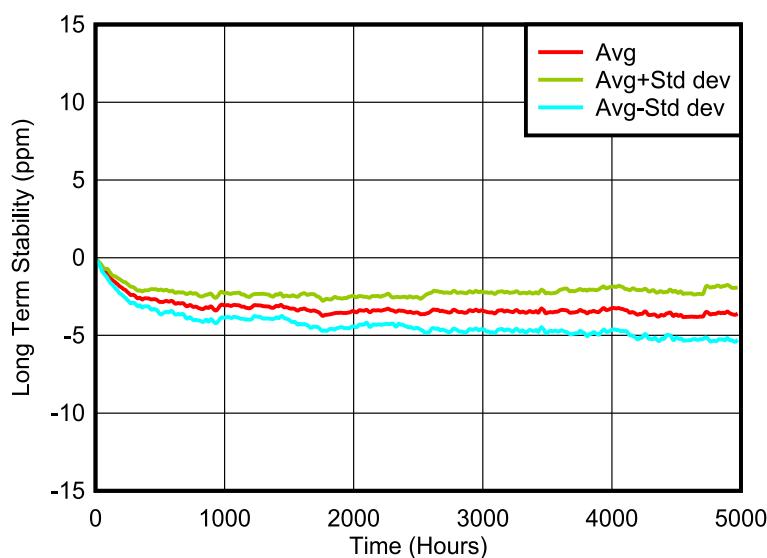


図 8-1. 長期安定性 ( $V_{\text{REF}_Z}$ )

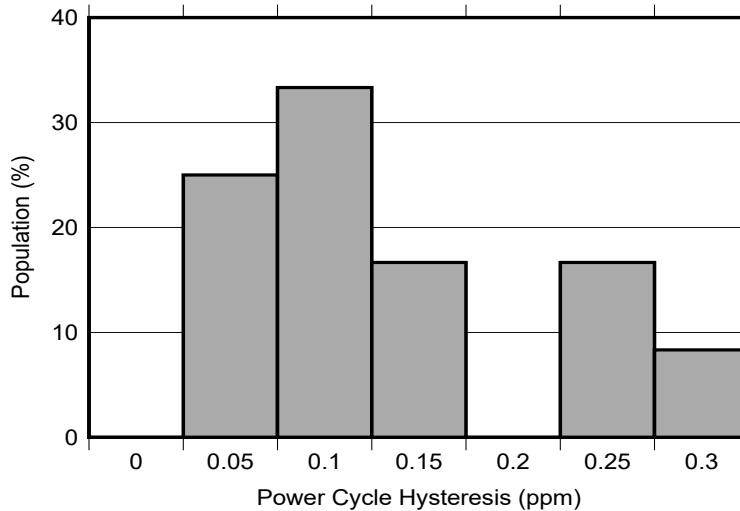


図 8-2. パワー サイクルのヒステリシス

## 8.2 温度ドリフト

REF80 にはオンチップ ヒーターが内蔵されており、工場出荷時に  $T_{SET} = 115^{\circ}\text{C}$  温度にプログラムされています。ヒーターは、動作温度範囲全体で  $T_{SET}$  温度を  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  に調整します。その結果、REF80 の温度ドリフト係数が  $0.05\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$  になります。[図 6-2](#) に 42 個のデバイスの温度ドリフトプロファイルを示します。

温度係数はボックス方式を使用して計算され、この方式では動作温度範囲全体にわたる公称出力電圧の最小 / 最大変動によってボックスが形成されます。 $0^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$  の温度範囲では、REF80 の最大温度係数は  $0.2\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$  です。このボックス方式では、温度誤差の限界が規定されますが、テスト対象となるデバイスの測定結果について、正確な形状とスロープは規定されません。Box メソッドの詳細については、[SLYT183](#) を参照してください。ボックス法の方程式は [式 2](#) に示されています。

$$\text{Drift} \left( \text{ppm}/^{\circ}\text{C} \right) = \left( \frac{V_{\text{REF}}(\text{MAX}) - V_{\text{REF}}(\text{MIN})}{V_{\text{REF}}(25^{\circ}\text{C}) \times \text{Temperature Range}} \right) \times 10^6 \quad (2)$$

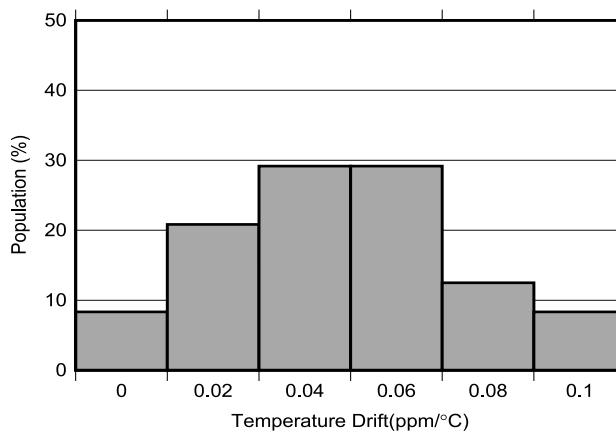


図 8-3. 温度ドリフトの分布

## 8.3 热ヒステリシス

熱ヒステリシスは、実際のアプリケーションと同様に REF80 を PCB にはんだ付けして測定します。デバイスの熱ヒステリシスは、デバイスを  $25^{\circ}\text{C}$  で動作させ、 $0^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$  の温度範囲でデバイスをサイクルさせ、 $25^{\circ}\text{C}$  に戻した後の出力電圧の変

化として定義されます。図 8-4 および図 8-5 に示すように、REF80 の熱ヒステリシスは 2 サイクル目以降に著しく減少します。ヒステリシスは、式 3 で表すことができます。

$$V_{HYST}(\text{ppm}) = \left( \frac{|V_{PRE} - V_{POST}|}{V_{PRE}} \right) \times 10^6 \quad (3)$$

ここで、

- $V_{HYST}$ =熱ヒステリシス (ppm 単位)
- $V_{PRE}$ =25°Cのプリ温度サイクルで測定された出力電圧
- $V_{POST}$ =デバイスを 25°C から 0°C~75°C の規定温度範囲で循環し、25°C に戻した後に測定された出力電圧

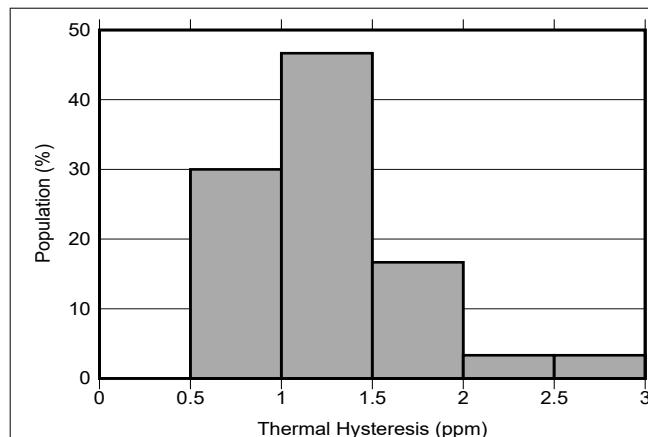


図 8-4. 热ヒステリシス (サイクル 1)の分布 (0°C~70°C)

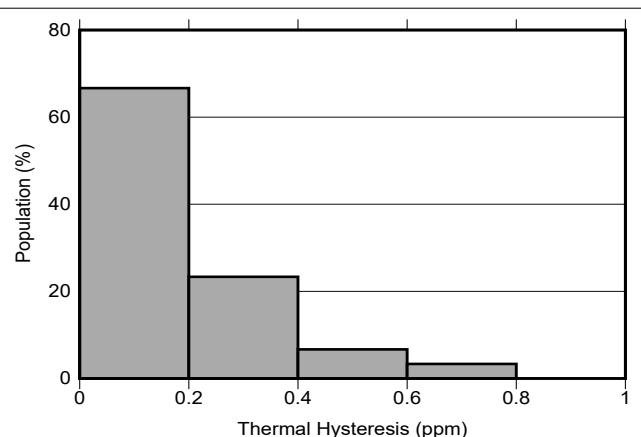


図 8-5. 热ヒステリシス (サイクル 2)の分布 (0°C~70°C)

## 8.4 ノイズ性能

### 8.4.1 1/f ノイズ

1/f ノイズはフリッカーノイズとも呼ばれ、主に低周波数帯で支配的です。フリッカーノイズはデバイスの出力電圧に影響を及ぼし、シグナル・チェーンの ENOB に影響を及ぼす可能性があります。REF80 データシートは、1/f ノイズが最大電力である 0.1Hz~10Hz の周波数帯域に対応するフリッカーノイズを規定しています。出力を 0.1Hz ~ 10Hz の範囲でフィルタ処理する方法で、フリッカーノイズを測定します。1/f ノイズは非常に小さい値であるため、図 8-6 に示すように、目的の周波数を增幅し、バンドパス・フィルタでフィルタする必要があります。環境ノイズを遮断するには、ファラデーケージエンクロージャーで 1/f ノイズをテストする必要があります。高精度のシリーズ電圧リファレンスのノイズ測定の詳細については、アプリケーション・ノート『[Techniques for Noise Measurements in Precision Series References](#)』(英語)を参照してください。

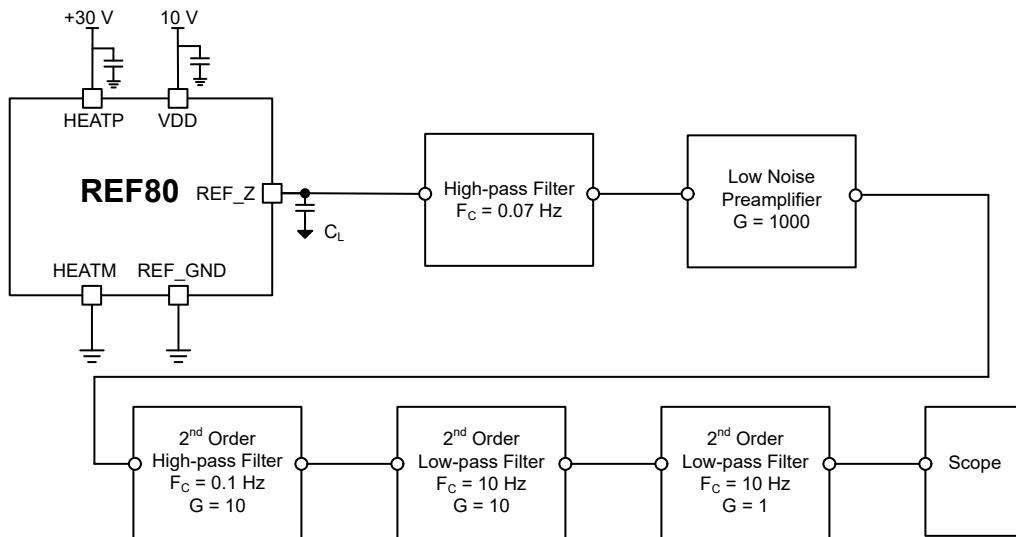


図 8-6. 1/f ノイズテストの設定

図 8-7 に、1/f ノイズ(0.1Hz~10Hz)の標準的な分布を示します。

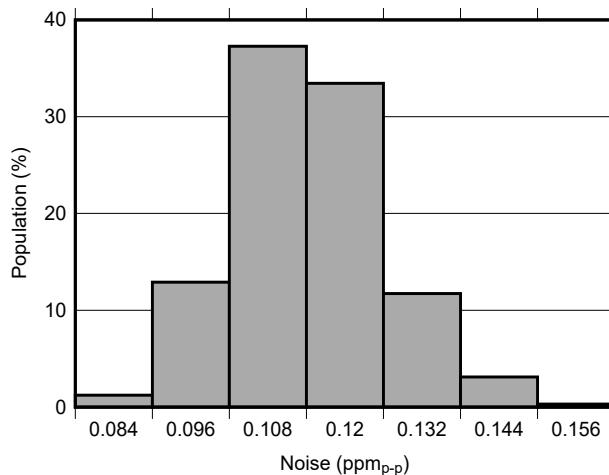


図 8-7. 0.1Hz~10Hz の電圧ノイズ分布

1/f ノイズは非常に低い周波数範囲であるため、フィルタで除去するのは現実的ではありません。そのため、超低ノイズ測定には重要なパラメータになります。ノイズに敏感な設計では、最高の精度の測定には、最小の 1/f ノイズを使用する必要があります。図 8-8 に、10s に対する 1/f ノイズの影響を示します。

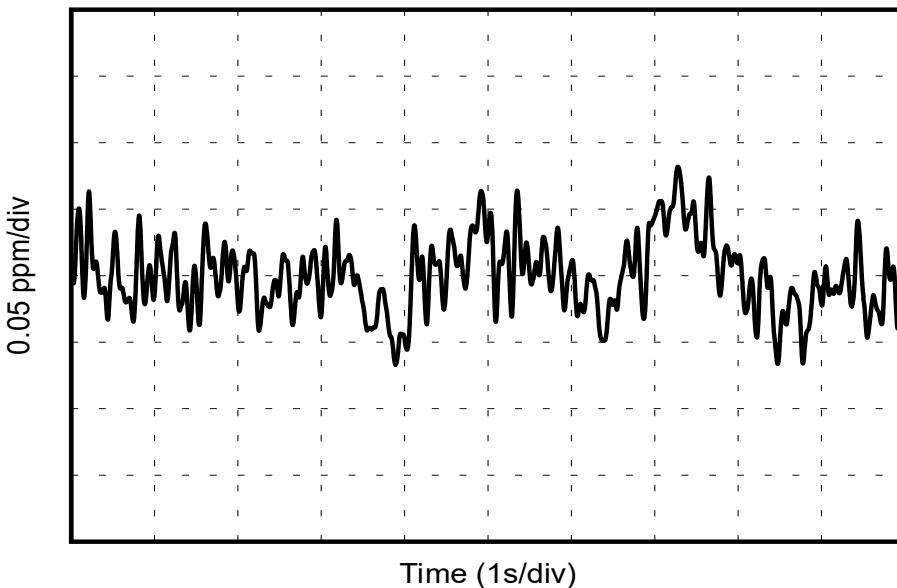


図 8-8. 0.1Hz～10Hz の REF\_Z ノイズ

#### 8.4.2 広帯域ノイズ

広帯域ノイズとは、 $1/f$  ノイズよりも高い周波数で現れるノイズです。広帯域ノイズは、図 6-10 に示すようにホワイト・ノイズが大半を占めます。広帯域ノイズの測定は、REF80 の出力をハイパス・フィルタリングし、図 8-9 に示すようにスペクトラム・アナライザで結果を測定して行われます。ハイパス・フィルタを使用して REF80 の DC 成分を除去し、増幅します。広帯域ノイズを測定する場合、最大帯域幅を実現するために高いゲインは必要ありません。

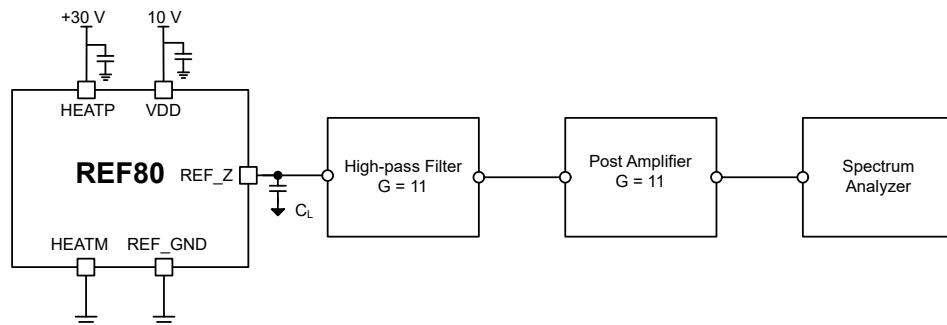


図 8-9. 広帯域ノイズテスト構成

ノイズに敏感な設計では、ローパス・フィルタを使用することで、高周波成分を除去し、広帯域ノイズ出力ノイズ・レベルを低減できます。ローパスフィルタを設計するときは、出力インピーダンスによって AC 性能が低下しないよう、特別な注意を払う必要があります。これは、出力電流変動により、大きな直列抵抗が負荷過渡に影響を与える、RC ローパスフィルタで発生する可能性があります。

## 9 アプリケーションと実装

### 注

以下のアプリケーション情報は、テキサス・インストルメンツの製品仕様に含まれるものではなく、テキサス・インストルメンツはその正確性も完全性も保証いたしません。個々の目的に対する製品の適合性については、お客様の責任で判断していただくことになります。また、お客様は自身の設計実装を検証しテストすることで、システムの機能を確認する必要があります。

### 9.1 アプリケーション情報

基本的なアプリケーションでは、REFZ 出力をキャリブレーション信号に変換するか、精密データコンバータ用に 5V 以下の信号に接続します。次の表に、REF80 とコンパニオン データコンバータの代表的な用途を示します。

アプリケーション	データコンバータ
試験および測定	DAC11001B

### 9.2 代表的なアプリケーション

#### 9.2.1 代表的なアプリケーション：基本的な電圧リファレンス接続

図 9-1 に示す回路は、REF80 リファレンスの基本構成を示しています。セクション 9.4.1 のガイドラインに従ってバイパスコンデンサを接続します。

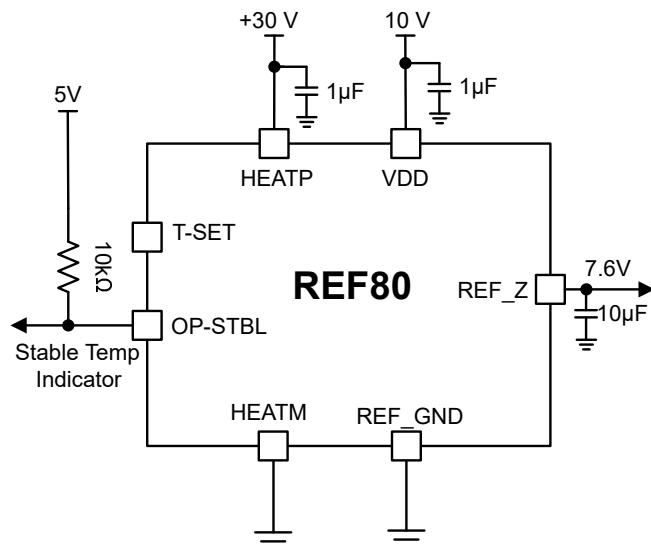


図 9-1. 基本的なリファレンス接続

### 9.2.1.1 設計要件

設計例に基づいて、詳細な設計手順を説明します。この設計例では、表 9-1 に記載されているパラメータを入力パラメータとして使用します。

**表 9-1. 設計例のパラメータ**

設計パラメータ	値
入力電圧 $V_{DD}$	10V
ヒータ電圧 VHET (HEATP-HEATM)	30V
電源デカップリング・コンデンサ	1μF
ヒーター供給デカップリングコンデンサ	1μF
OP-STBL プルアップ抵抗	10kΩ
OP-STBL プルアップ電源	5V

### 9.2.1.2 詳細な設計手順

電源電圧が変動する可能性のあるアプリケーションでの過渡応答を改善するため、バルクコンデンサ (0.1μF から 10μF) を VDD、HEATP、HEATM (GND に接続しない場合) の各ピンに接続する必要があります。VDD、HEATP、HEATM ピンに追加の 0.1μF コンデンサをデバイスの近くに接続し、高周波電源ノイズをバイパスします。

安定した出力を得るために、1μF と 100μF の間に低 ESR (最大 400mΩ) コンデンサを REF\_Z ピンに接続する必要があります。超低ノイズ・アプリケーションでは、圧電効果のため、X7R およびその他の MLCC コンデンサに特別な注意が必要です。システムで圧電効果がどのように探求できるかについての詳細は、応力誘起アウトバーストを参照してください。セラミックコンデンサのマイクロフォニックス(パート 1) および ストレス誘起アウトバースト:セラミックコンデンサにおけるマイクロフォニックス(パート 2)。設計者は、ノイズに敏感なアプリケーションでは C0G またはフィルム・コンデンサを使用する必要があります。OP-STBL は、オンチップヒーターが温度を調整していることを示します。10kΩ のプルアップ抵抗を、このピンに適切なロジック電圧で接続します。REF80 の過渡起動応答を、『REF80 のスタートアップ動作』に示します。

### 9.2.1.3 アプリケーション曲線

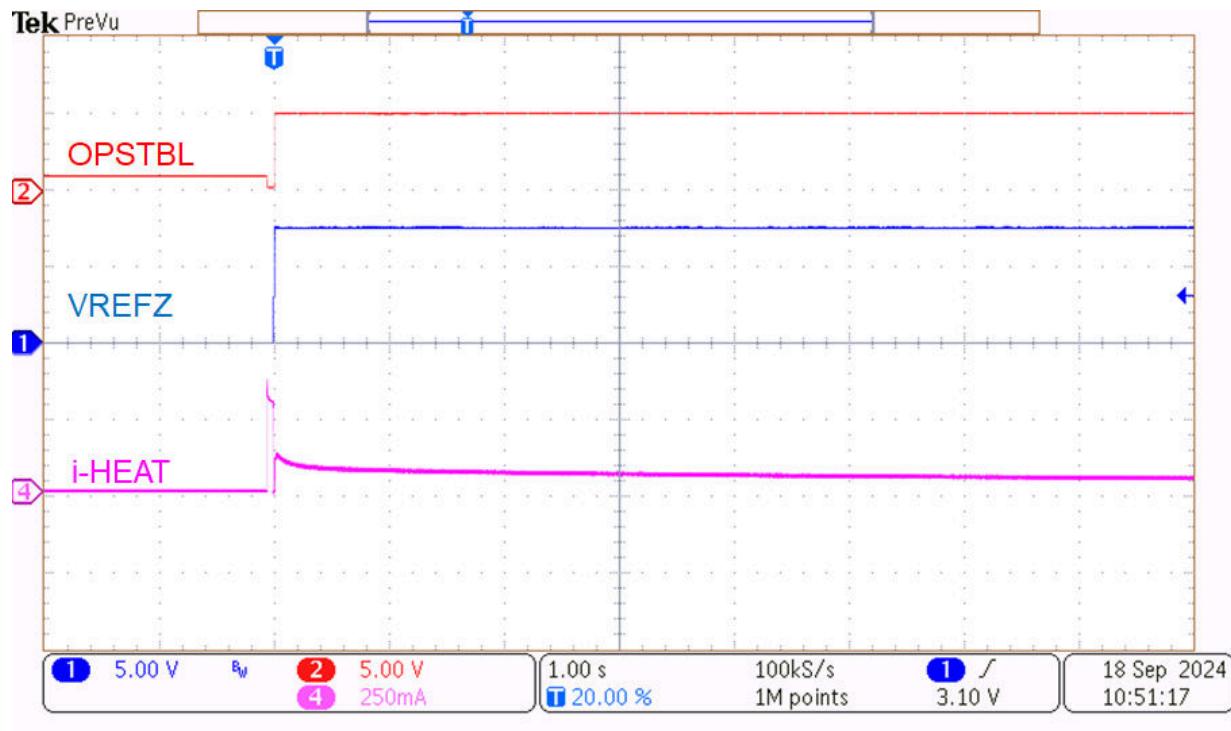


図 9-2. REF80 のスタートアップ動作

### 9.2.2 典型的なアプリケーション回路

#### 9.2.2.1 高精度分圧器の接続

高精度データコンバータには通常、5V 以下の電圧リファレンスが必要です。図 9-3 に示すように、REF80 には、データ・コンバータ用のリファレンス電圧を生成するため、高精度の抵抗デバイダと、それに続く低ノイズのバッファが必要です。

抵抗の選択は、電流能力(1mA 未満が望ましい)とノイズの要件によって異なります。抵抗の最小値は式 4 に基づき出力電流によって決定されます。

$$R1 + R2 \geq 7.6k\Omega \quad (4)$$

抵抗の最大値は、ノイズを考慮して決定されます。式 5 に示すように抵抗の熱ノイズ(並列等価)が追加されます

$$VREF_{Noise} = \sqrt{\left(\frac{R2}{R1 + R2} \times REF\_Z_{Noise}\right)^2 + (R1 || R2_{Thermal Noise})^2} \quad (5)$$

ここで

- $VREF_{Noise}$ =目的の周波数帯域でのリファレンス・ノイズ要件
- $REF\_Z_{Noise}$ =目的の周波数帯域での REF80 ノイズ
- $R1 || R2_{Thermal noise}$ = $R1$  および  $R2$  抵抗の並列等価熱ノイズ

最高の性能を得るには、 $R1$  と  $R2$  は、温度ドリフトが整合された高精度の箇抵抗である必要があります。

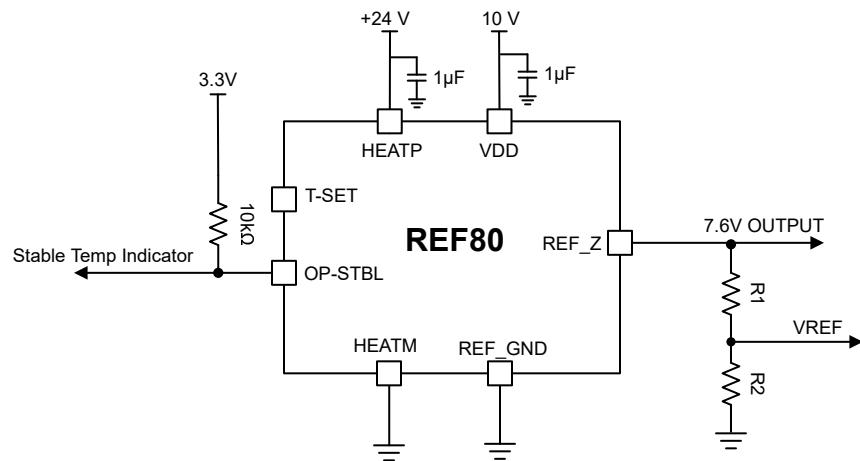


図 9-3. 高精度分圧抵抗接続

#### 9.2.2.2 キャリブレーション信号

REF80 は長期的な安定性と温度ドリフトが非常に低いため、計測グレードの較正信号生成に最適です。

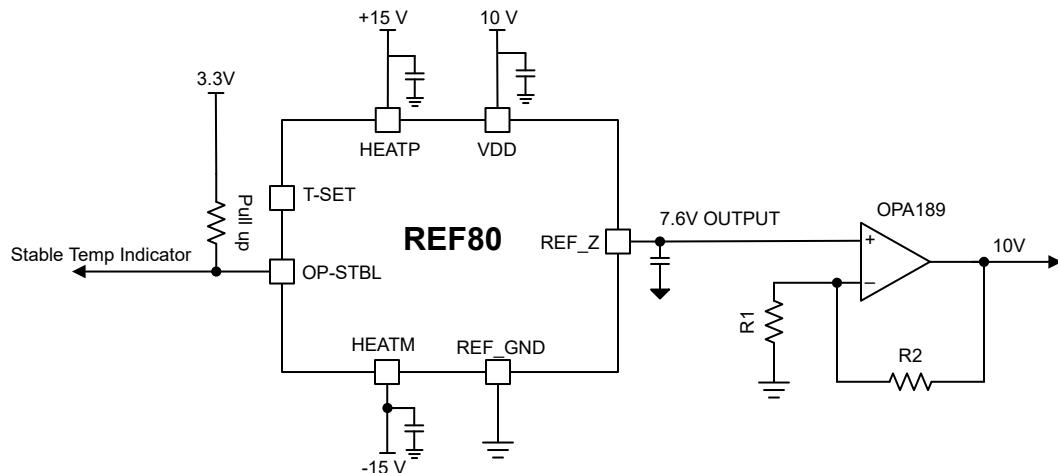
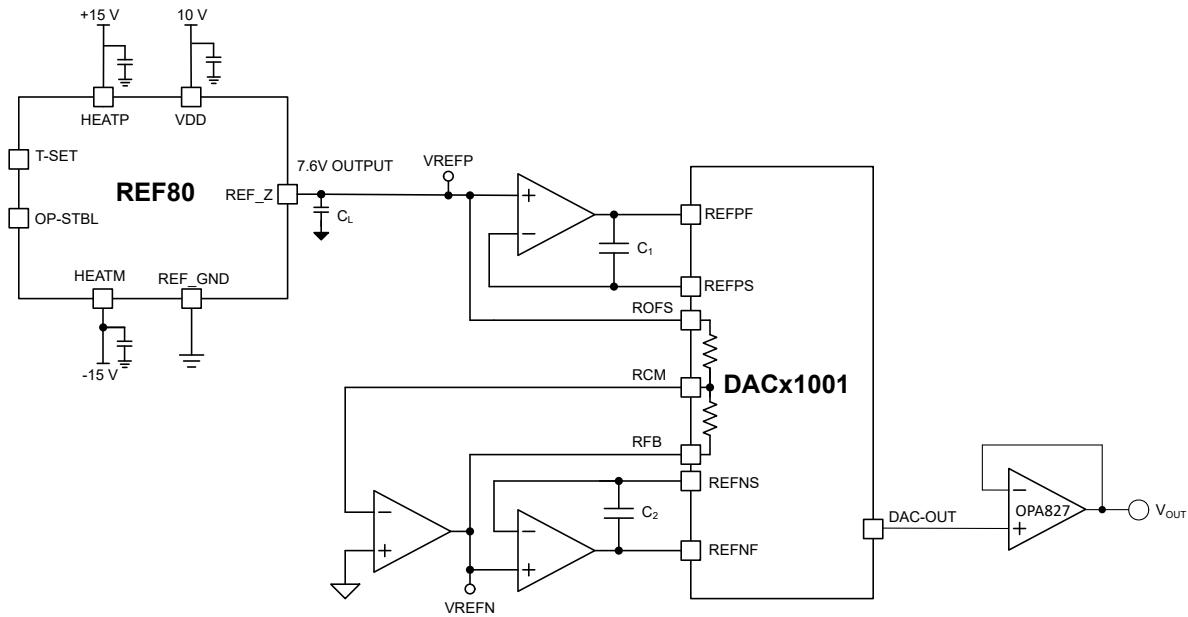


図 9-4. 10 V 高精度信号、アンプおよび高精度抵抗付き


**図 9-5. DACx1001 による高精度信号**

## 9.3 電源に関する推奨事項

埋め込みツエナー基準には、REF\_Zピンの安定動作のため、10V~16.5V の安定した電源が必要です。HEATP ピンと HEATM ピンの電位差は 10V ~ 42V である必要があります。HEATP は常に、正の電源またはグランドに接続する必要があります。HEAM は常に負の電源またはグランドに接続する必要があります。ヒーターの電源は、デバイスの高速起動を実現するために、大きな突入電流を供給できる必要があります。TI は、 $0.1\mu\text{F}$  ~  $10\mu\text{F}$  の範囲の電源バイパスコンデンサをお勧めします。

## 9.4 レイアウト

### 9.4.1 レイアウトのガイドライン

セクション 9.4.2 に、REF80 を使用したデータ アクイジション システムの PCB レイアウト(2 層配線)の例を示します。主な検討事項は次のとおりです。

- **ノイズ特性**
  - REF80 の V<sub>DD</sub>、HEATM、HEATP に、低 ESR、 $0.1\mu\text{F}$  のセラミックバイパスコンデンサを接続します。
  - REF80 の REF\_Z に  $10\mu\text{F}$  から  $100\mu\text{F}$  の Class 1 コンデンサを接続します。
  - デジタルパターンと並行して敏感なアナログパターンを配線しないでください。デジタルパターンとアナログパターンはできるだけ交差しないようにします。どうしても必要な場合には、直角に交差させます。
- **放熱性能**
  - REF80 で良好な熱抵抗を維持するため、レイアウトは放熱を最小限に抑える必要があります。
  - V<sub>DD</sub>、REF\_Z、REF\_GND 信号の配線には最小限の銅を使用します。
  - HEATP および HEATM ピンの現在の要件に従って銅線を使用します。
  - パッケージの下に銅を直接注入することは避けます。
  - 最高のヒーター・レギュレーションを実現するため、デバイスの周囲にシールドを配置することを推奨します。
- **ゼーベック効果**
  - ゼーベック効果を最小限に抑えるために、複数の金属-金属接合部は避けてください。
- **長期的安定性性能**
  - レイアウト例に示すように、ピンにストレインリリーフを直接配置します。
  - ピンとコーナーに対して垂直に、ピンの近くに切断を行います。
  - シングルポイントひずみの蓄積は避けてください。

### 9.4.2 レイアウト例

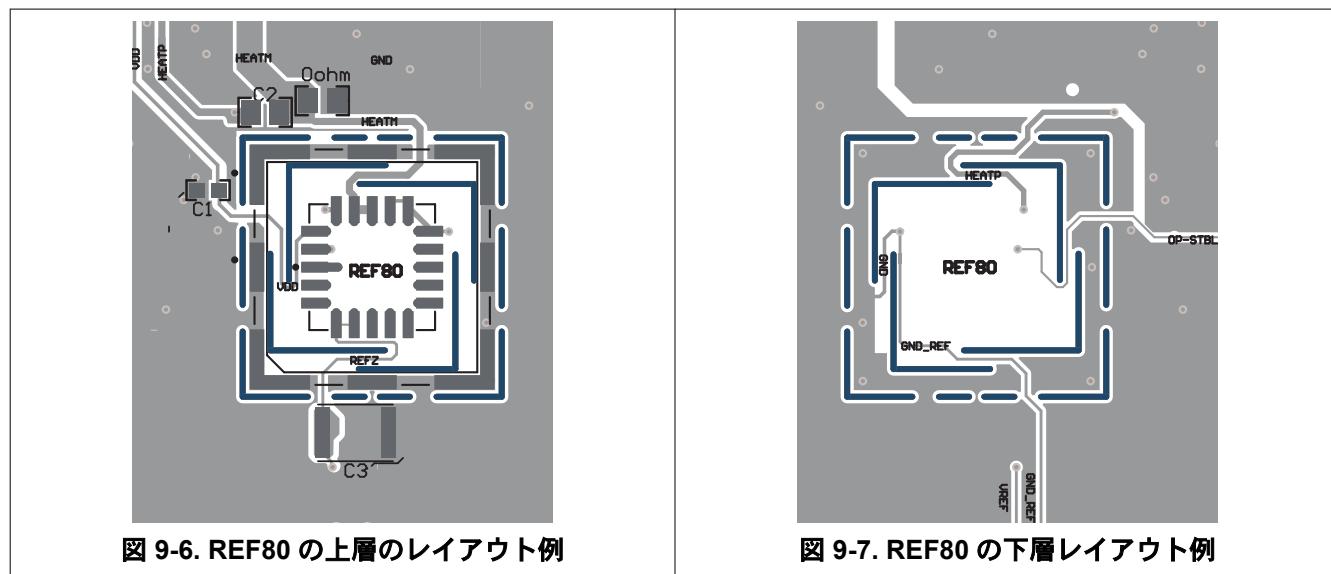


図 9-6. REF80 の上層のレイアウト例

図 9-7. REF80 の下層レイアウト例

## 10 デバイスおよびドキュメントのサポート

### 10.1 ドキュメントのサポート

#### 10.1.1 関連資料

関連資料については、以下を参照してください。

- ・ テキサス・インスツルメンツ、『データ・コンバータ用の電圧リファレンス設計ヒント』
- ・ テキサス・インスツルメンツ、『*Voltage Reference Selection Basics*』(英語)

### 10.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法

ドキュメントの更新についての通知を受け取るには、[www.tij.co.jp](http://www.tij.co.jp) のデバイス製品フォルダを開いてください。[通知] をクリックして登録すると、変更されたすべての製品情報に関するダイジェストを毎週受け取ることができます。変更の詳細については、改訂されたドキュメントに含まれている改訂履歴をご覧ください。

### 10.3 サポート・リソース

テキサス・インスツルメンツ E2E™ サポート・フォーラムは、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計で必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの使用条件を参照してください。

### 10.4 商標

テキサス・インスツルメンツ E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

### 10.5 静電気放電に関する注意事項



この IC は、ESD によって破損する可能性があります。テキサス・インスツルメンツは、IC を取り扱う際には常に適切な注意を払うことを推奨します。正しい取り扱いおよび設置手順に従わない場合、デバイスを破損するおそれがあります。

ESD による破損は、わずかな性能低下からデバイスの完全な故障まで多岐にわたります。精密な IC の場合、パラメータがわずかに変化するだけで公表されている仕様から外れる可能性があるため、破損が発生しやすくなっています。

### 10.6 用語集

#### テキサス・インスツルメンツ用語集

この用語集には、用語や略語の一覧および定義が記載されています。

## 11 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision * (September 2024) to Revision A (March 2025)	Page
・ 量産データのリリース.....	1

## 12 メカニカル、パッケージ、および注文情報

以降のページには、メカニカル、パッケージ、および注文に関する情報が記載されています。この情報は、指定のデバイスに使用できる最新のデータです。このデータは、予告なく、このドキュメントを改訂せずに変更される場合があります。本データシートのブラウザ版を使用されている場合は、画面左側の説明をご覧ください。

## 重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ（データシートを含みます）、設計リソース（リファレンス デザインを含みます）、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の默示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または默示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](http://ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいづれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

**PACKAGING INFORMATION**

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package   Pins	Package qty   Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
REF80000B1NAJT	Active	Production	LCCC (NAJ)   20	250   SMALL T&R	Yes	Call TI	N/A for Pkg Type	-55 to 125	REF80A1
REF80000B1NAJT.A	Active	Production	LCCC (NAJ)   20	250   SMALL T&R	Yes	Call TI	N/A for Pkg Type	-55 to 125	REF80A1

<sup>(1)</sup> **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

<sup>(2)</sup> **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

<sup>(3)</sup> **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

<sup>(4)</sup> **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

<sup>(5)</sup> **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

<sup>(6)</sup> **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

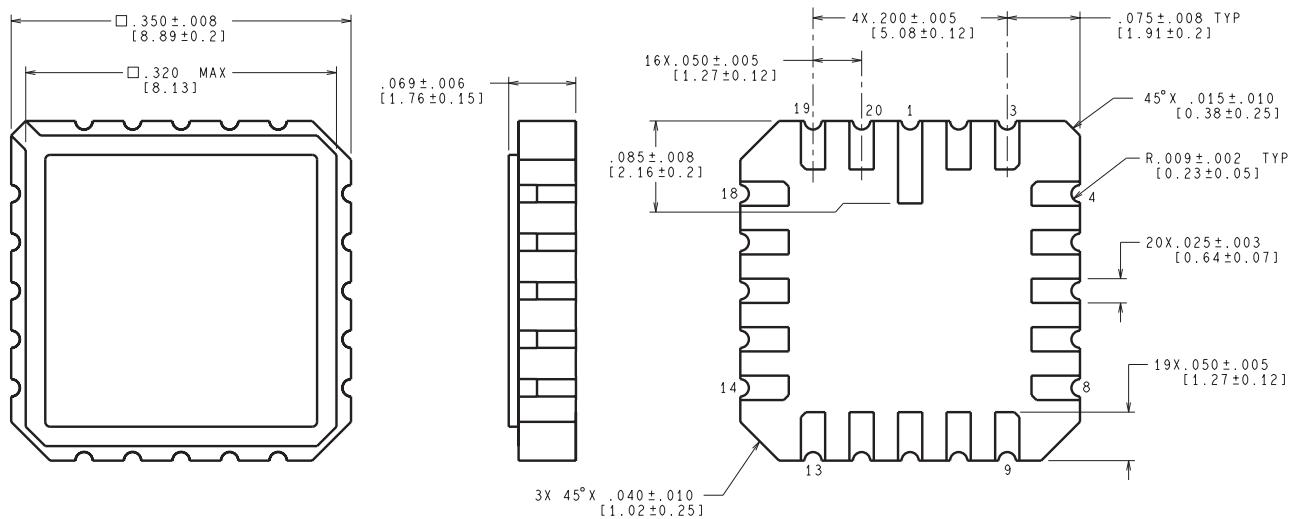
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

**Important Information and Disclaimer:** The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

## MECHANICAL DATA

NAJ0020A



CONTROLLING DIMENSION IS INCH  
VALUES IN [] ARE MILLIMETERS

E20A (Rev F)

## 重要なお知らせと免責事項

TIは、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Webツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の默示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または默示的にかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したもので、(1)お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2)お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3)お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月