

ドリフトが1.5ppm/°Cの低ノイズ、 バッファ付きリファレンス

特長

- 低ドリフト
 - Aグレード:1.5ppm/°C(最大)
 - Bグレード:3ppm/°C(最大)
- 低ノイズ:
 - 0.5ppm_{p-p}(0.1Hz~10Hz)
 - 0.8ppm_{RMS}(10Hz~1kHz)
- 40Vまでの広い電源範囲
- ソース電流およびシンク電流:10mA(最小)
- 入力レギュレーション:0.2ppm/V
- 負荷レギュレーション:0.7ppm/mA
- 逆電源保護
- 逆出力保護
- 低消費電力のシャットダウン:4μA未滿(最大)
- 過熱保護
- シャント・モードで動作可能
- 負電圧リファレンスとして構成可能
- 供給可能な出力電圧オプション:2.5V
- MSOP-8パッケージ

アプリケーション

- 高温動作の産業用機器
- 高分解能データ収集システム
- 計測およびプロセス制御
- 自動車制御およびモニタ
- 医療機器
- シャント・リファレンスおよび負電圧リファレンス

概要

LT[®]6657は、堅牢な動作特性ときわめて低いドリフトおよびノイズ性能を兼ね備えた高精度の電圧リファレンスです。このバンドギャップ・リファレンスは、高度な曲率補正により、温度特性を予測可能な1.5ppm/°Cのドリフトと0.1%の初期電圧精度を実現します。また、ノイズは0.5ppm_{p-p}であり、温度サイクル時のヒステリシスを非常に低い値に抑えています。

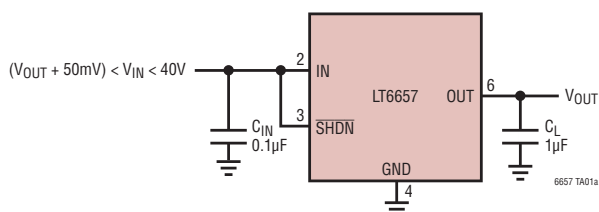
LT6657は、出力電圧よりわずかに50mV高い電圧(最大40V)を電源にすることができる低ドロップアウト・リファレンスです。バッファ付きの出力は、低出力インピーダンスおよび高精度の負荷レギュレーション性能を持つ±10mAの出力駆動電流をサポートします。シンク電流能力が高いため、正電圧リファレンスと同じ精度の負電圧リファレンスとして動作することが可能です。このデバイスは、バッテリーを逆接続した状態でも安全であり、出力が短絡した場合の電流制限保護回路と過負荷状態に対応するサーマル・シャットダウン回路を内蔵しています。シャットダウン回路を内蔵しているのは、消費電力を低減できる上に迅速な起動を可能にするためです。

LT6657は-40°C~125°Cの温度範囲で完全に規定されています。このデバイスは8ピンMSOPパッケージで供給されます。

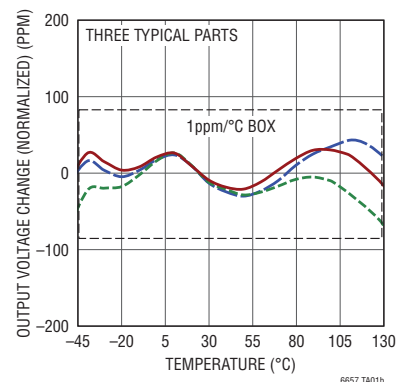
LT、LT、LTC、LTM、Linear TechnologyおよびLinearのロゴは、リニアテクノロジー社の登録商標です。その他全ての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

基本接続



出力電圧の温度ドリフト



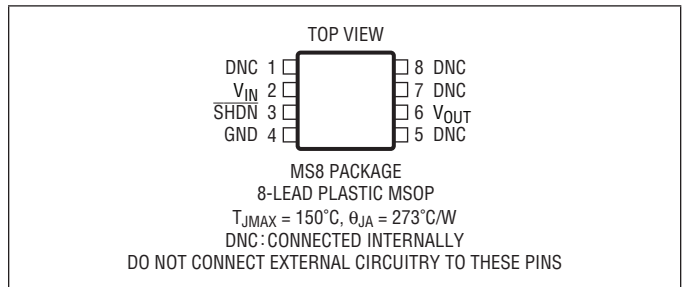
LT6657

絶対最大定格

(Note 1)

入力電圧 (V_{IN} -GND 間)	-40V ~ 40V
シャットダウン電圧 \overline{SHDN}	-20V ~ 40V
出力電圧 V_{OUT}	-3V ~ 30V
入出力間の電圧差 (Note 2)	$\pm 40V$
出力短絡時間	無期限
動作接合部温度範囲	-40°C ~ 150°C
保存温度範囲	-65°C ~ 150°C
リード温度 (半田付け、10 秒) (Note 3)	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
LT6657AHMS8-2.5#PBF	LT6657AHMS8-2.5#TRPBF	LTGKN	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT6657BHMS8-2.5#PBF	LT6657BHMS8-2.5#TRPBF	LTGKN	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C

* 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。

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。
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。

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/tapeandreeel/> をご覧ください。

† この製品はトレイでのみ供給されます。詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/packaging/> をご覧ください。

利用可能なオプション

出力電圧	初期精度	温度係数	発注製品番号**	規定温度範囲
2.5V	0.1%	1.5ppm/°C	LT6657AHMS8-2.5	-40°C to 125°C
	0.1%	3ppm/°C	LT6657BHMS8-2.5	-40°C to 125°C

** 全製品番号のリストについては、「発注情報」のセクションを参照してください。

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。テスト条件は、注記がない限り $V_{IN} = V_{OUT} + 0.5\text{V}$ 、 $V_{SHDN} = 1.6\text{V}$ 、 $I_{OUT} = 0$ 、 $C_{OUT} = 1\mu\text{F}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Accuracy			-0.1	0	0.1	%
Output Voltage Temperature Coefficient (Note 4)	LT6657A	●		0.5	1.5	ppm/ $^\circ\text{C}$
	LT6657B	●		1	3	ppm/ $^\circ\text{C}$
Line Regulation (Note 5)	$V_{OUT} + 0.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 40\text{V}$			0.2	2	ppm/V
		●			4	ppm/V
Load Regulation (Note 5)	$I_{OUT} (\text{Source}) = 10\text{mA}$			0.7	2	ppm/mA
		●			4	ppm/mA
	$I_{OUT} (\text{Sink}) = 10\text{mA}$			0.9	3	ppm/mA
		●			6	ppm/mA
	Shunt Configuration V_{OUT} Is Shorted to V_{IN} $I_{SHUNT} 2.5$ to 11mA			0.9	6	ppm/mA
Minimum $V_{IN} - V_{OUT}$	$V_{IN} - V_{OUT}$, $\Delta V_{OUT} = 0.1\%$	$I_{OUT} = 0\text{mA}$		20	50	mV
			●		70	mV
		$I_{OUT} (\text{Source}) = 10\text{mA}$		330	450	mV
		●			500	mV
		$I_{OUT} (\text{Sink}) = 10\text{mA}$		-230	-150	mV
			●		-50	mV
Shutdown Pin ($\overline{\text{SHDN}}$)	Logic High Input Voltage		●	1.6		V
	Logic High Input Current, $\overline{\text{SHDN}} = 1.6\text{V}$		●		0.7	2
Supply Current in Shutdown	Logic Low Input Voltage		●		0.8	V
	Logic Low Input Current, $\overline{\text{SHDN}} = 0.8\text{V}$		●		0.2	1
Supply Current	$\overline{\text{SHDN}} = 0.4\text{V}$		●	0.01	4	μA
	$\overline{\text{SHDN}} = 0.8\text{V}$		●	2.0	20	μA
Supply Current	No Load			1.2	1.8	mA
			●		2.3	mA
Output Short-Circuit Current	Short V_{OUT} to GND			15		mA
	Short V_{OUT} to V_{IN}			16		mA
Output Voltage Noise (Note 6)	$0.1\text{Hz} \leq f \leq 10\text{Hz}$			0.5		ppm _{P-P}
	$10\text{Hz} \leq f \leq 1\text{kHz}$			0.8		ppm _{RMS}
Turn-On Time	0.1% Settling, $C_L = 1\mu\text{F}$			180		μsec
Long-Term Drift of Output Voltage (Note 7)				30		ppm/ $\sqrt{\text{kHr}}$
Hysteresis (Note 8)	$\Delta T = 0^\circ\text{C}$ to 50°C			20		ppm
	$\Delta T = 0^\circ\text{C}$ to 70°C			24		ppm
	$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ to 85°C			30		ppm
	$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ to 125°C			35		ppm
	$\Delta T = -55^\circ\text{C}$ to 125°C			40		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ります。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: V_{IN} が 40V のとき、 V_{OUT} を 0V より下げることができない。 V_{IN} と V_{OUT} の電圧差が $\pm 40\text{V}$ を超えてはならない。

Note 3: 示されている温度は、手作業によるリワーク時にリードの半田付けが行われる標準的な温度である。IR リフローの詳細な推奨事項については、「アプリケーション情報」のセクションを参照。

Note 4: 温度係数は出力電圧の最大変化を規定温度範囲で割って測定される。

Note 5: 入力レギュレーションと負荷レギュレーションは、規定の入力電圧範囲または負荷電流範囲でパルスを使って測定される。ダイ温度の変化による出力電圧の変化は別途考慮しなければならない。

Note 6: ピーク・トゥ・ピーク・ノイズは、 0.1Hz の 2 ポール・ハイパス・フィルタおよび 10Hz の 3 ポール・ローパス・フィルタを使って測定される。リードに対する熱電効果を排除するため、ユニットは静止空气中に密閉し、テスト時間は 10 秒である。ノイズの統計的性質により、ノイズ測定を繰り返すと、特定の測定期間でピーク値が上下する。各 10 秒の長さの 1000 回の測定を繰り返すことにより、統計理論によって予測されるように、標準的な 1 回の期間におけるよりもノイズが高くなる期間が何回かあることが示される。一般に、標準値は、それに対して少なくとも 50% のユニットが同等以上の性能になると予測される値であると考えられる。 1000 回のテストで、標準的ユニットはその測定回数の 50% より多い回数「電気的特性」の表に示されている標準値より小さいノイズを示す。ノイズ・テストの詳細については「アプリケーションノート 124」を参照。RMS ノイズはシールドされた環境でスペクトラム・アナライザを使って測定する。

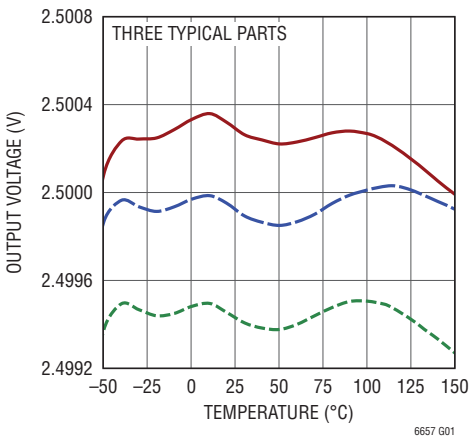
電気的特性

Note 7: 通常、長期安定性是对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時間における全ドリフトは、通常、最初の1000時間の3分の1より小さく、時間の経過とともに引き続きドリフトが減少していく傾向がある。長期安定性は、基板の組み立て時にデバイスと基板素材の間に生じる応力の差の影響も受ける。

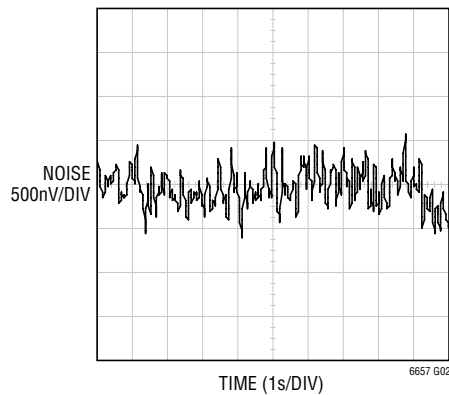
Note 8: 出力電圧のヒステリシスは、デバイスがそれまでに置かれていた温度が異なることによって機械的応力が異なるために生じる。出力電圧は常に25°Cで測定されるが、デバイスは次の測定前に再び上限温度または下限温度に置かれる。ヒステリシスは、温度変化の2乗にほぼ比例する。十分管理された温度(動作温度から30°C以内)で保管された機器では、通常、ヒステリシスは重要な誤差要因ではない。ヒステリシスの標準値は、25°C、低温、25°Cの順番、または25°C、高温、25°Cの順番で温度環境を変えた場合の変化の大きい方のデータである。この値は1回の温度サイクルであらかじめ条件設定されている。

標準的性能特性 テスト条件は注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = V_{OUT} + 0.5\text{V}$ 、 $V_{SHDN} = 1.6\text{V}$ 、 $I_{OUT} = 0$ 、 $C_{OUT} = 1\mu\text{F}$ 。

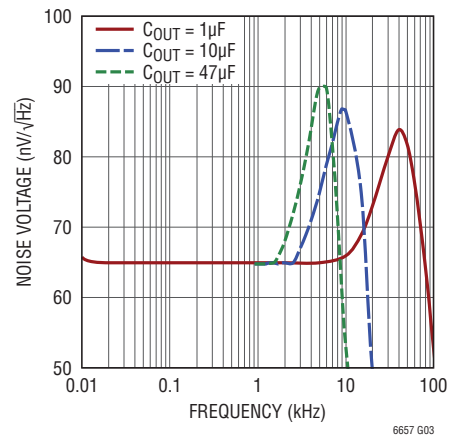
2.5Vでの出力電圧の温度ドリフト



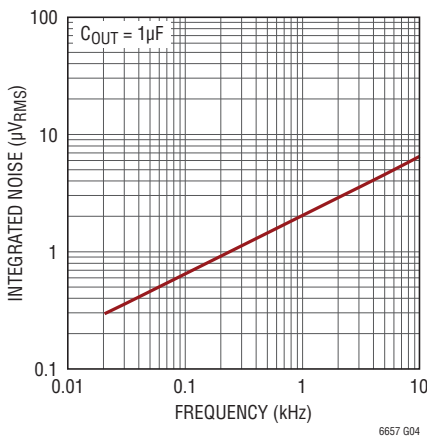
2.5Vでの低周波数(0.1Hz~10Hz)ノイズ



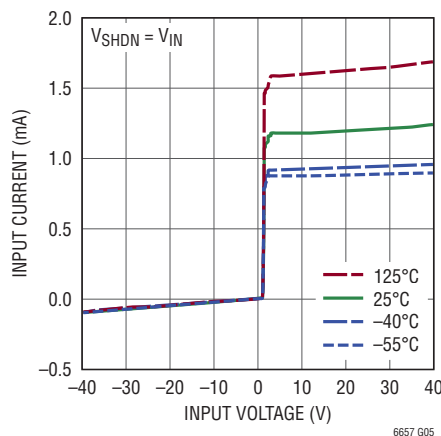
2.5Vでの出力電圧ノイズのスペクトラム



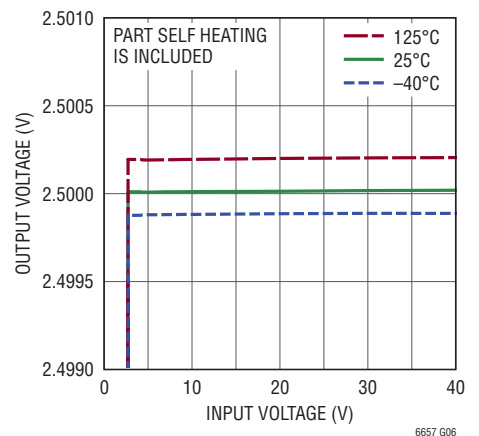
2.5Vでの積分ノイズ (10Hz~10kHz)



2.5Vでの電源電流と入力電圧

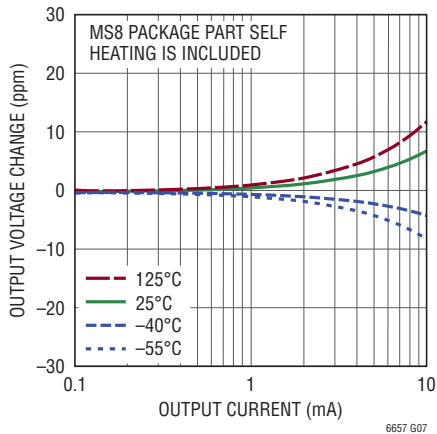


2.5Vでの入力レギュレーション

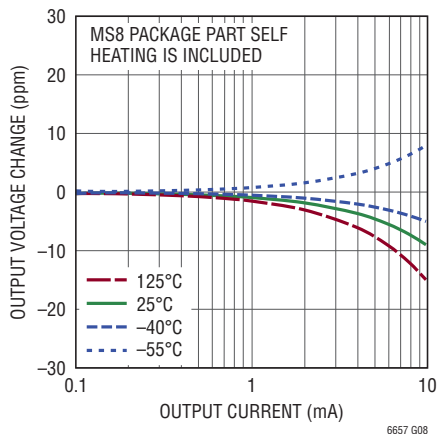


標準的性能特性 テスト条件は注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = V_{OUT} + 0.5\text{V}$ 、 $V_{SHDN} = 1.6\text{V}$ 、 $I_{OUT} = 0$ 、 $C_{OUT} = 1\mu\text{F}$ 。

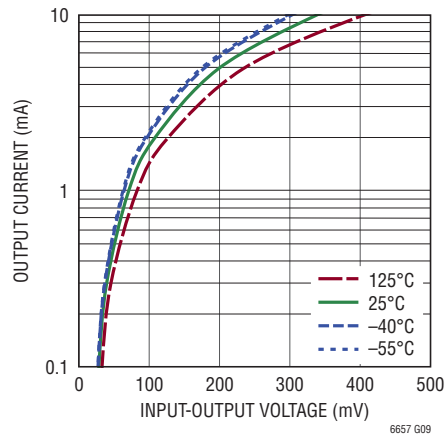
2.5Vでの負荷レギュレーション
(電流をソース)



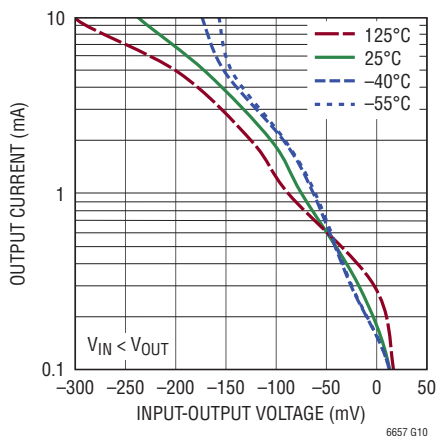
2.5Vでの負荷レギュレーション
(電流をシンク)



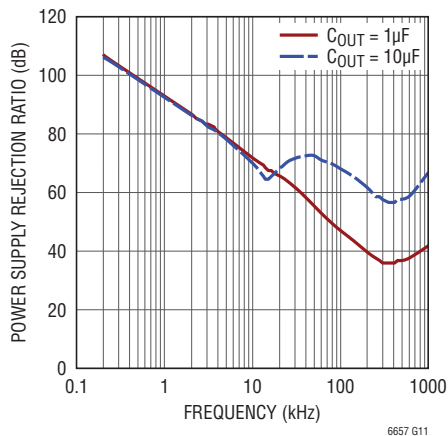
2.5Vでの最小 $V_{IN} - V_{OUT}$ 電圧差
(電流をソース)



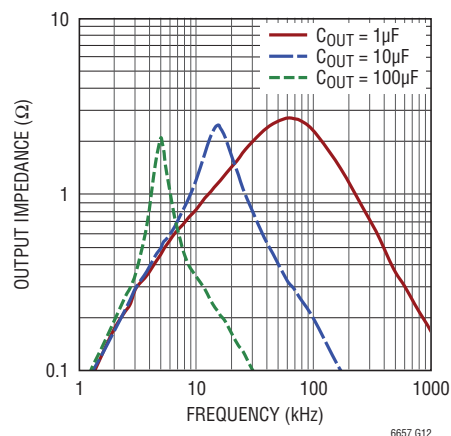
2.5Vでの最小 $V_{IN} - V_{OUT}$ 電圧差
(電流をシンク)



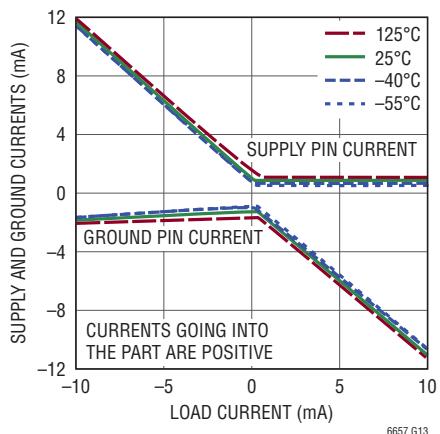
2.5Vでの電源除去比と周波数



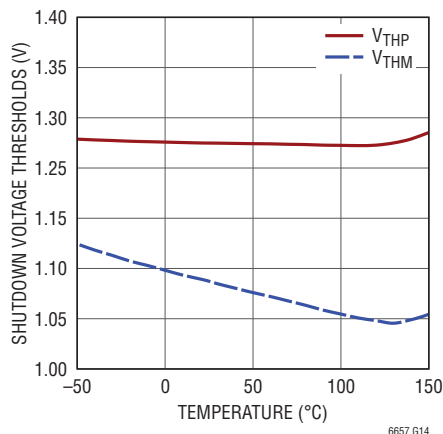
2.5Vでの出力インピーダンスと
周波数



電源およびグランド電流と
負荷電流

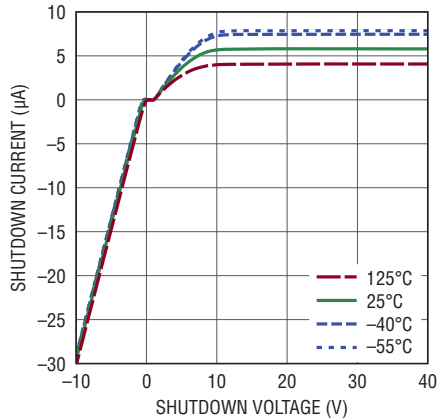


シャットダウン電圧しきい値と
温度

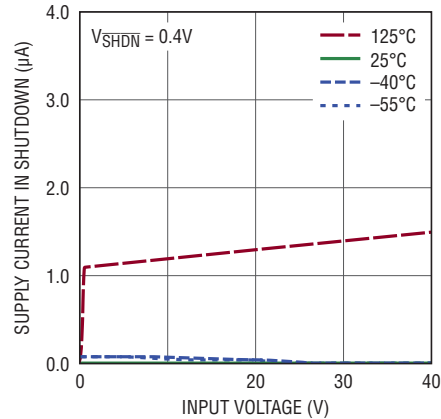


標準的性能特性 テスト条件は注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = V_{OUT} + 0.5\text{V}$ 、 $V_{SHDN} = 1.6\text{V}$ 、 $I_{OUT} = 0$ 、 $C_{OUT} = 1\mu\text{F}$ 。

シャットダウン・ピン電流と
シャットダウン電圧



2.5Vでのシャットダウン時の
電源電流と入力電圧



ピン機能

SHDN (ピン3) : シャットダウン入力。このアクティブ“L”の入力によってデバイスがディスエーブルされ、電源電流は2µA未満に減少します。このピンは外部から駆動する必要があります。使用しない場合は、 V_{IN} に接続します。通常動作時は、ロジック“H”または V_{IN} に駆動することができます。

V_{IN} (ピン2) : 入力電源。 V_{IN} ピンは、0.1µF以上のローカル・コンデンサを使ってGNDにバイパスします。

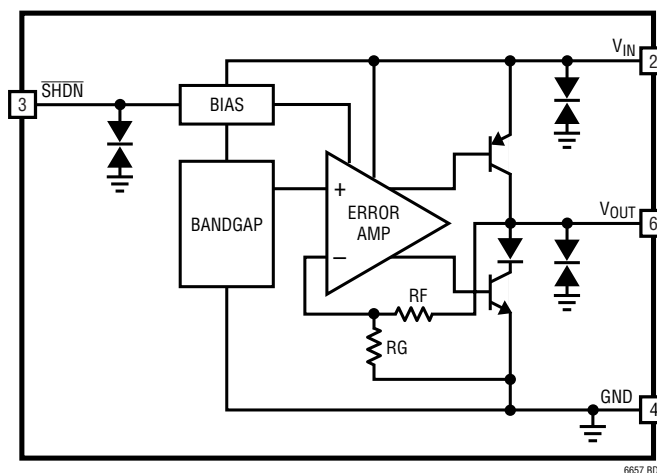
GND (ピン4) : デバイスのグラウンド。このピンはノイズのないグラウンド・プレーンに接続する必要があります。関連する回路とのスターグラウンド配線を使うと、最良の結果が得られます。

GNDピンには電源リターン電流が流れるので、トレース・インピーダンスに注意してください。

V_{OUT} (ピン6) : リファレンス出力電圧。このピンは負荷に対して電流をソースおよびシンクすることができます。安定した動作のためには、1µF以上の出力コンデンサが必要です。

DNC (ピン1、5、7、8) : 内部機能。これらのピンを接続したり、これらのピンに電氣的応力を加えてはなりません。これらのピンはフロート状態しておかなければならず、これらのピンからの漏れ電流は最小限に抑える必要があります。配線を追加できるクリアランスを確保してください。

ブロック図



アプリケーション情報

入力および負荷レギュレーション

LT6657の入力レギュレーションは、通常、1ppm/Vを十分下回ります。入力電圧が10V変化したときの標準的な出力電圧シフトはわずか2ppmです。MS8パッケージでは、負荷レギュレーションも1ppm/mA未満になります。負荷電流が5mA変化したときの出力電圧シフトはわずか4ppmです。これらの電氣的性能は低デューティサイクルのパルスを使って測定されます。

このように優れた負荷レギュレーションを実現するには、V_{OUT}ラインとGNDラインのIR電圧降下を最小限に抑える必要があります。1オンス銅箔プリント回路基板の抵抗は0.5mΩ/平方です。1mΩのトレース抵抗を追加するだけで、1mAの電流がその抵抗を流れるごとに、1μVの誤差が生じます。2.5Vのリファレンスでは、これによって負荷レギュレーションに0.4ppm/mAが追加されます。このような外部で生じる誤差は、LT6657の負荷レギュレーションの標準値と同程度のものです。ワイヤの抵抗を最小にして負荷のために独立したグランド・リターンを使用すると、優れた負荷レギュレーションが維持されます。電流をソースするときは、グランド接続ピンをケルビン検出に使用することにより、出力レギュレーションを改善できます。

ダイ温度の変化による付加的な出力変化は、別途考慮する必要があります。これらの付加的な影響は次式で概算できます。

$$\text{Line_Reg (in ppm)} = (I_{IN} + I_{OUT}) \cdot \theta_{JA} \cdot TC \cdot V_{IN}$$

$$\text{Load_Reg (in ppm)} = (V_{IN} - V_{OUT}) \cdot \theta_{JA} \cdot TC \cdot I_{OUT}$$

ここで、電圧の単位はV、電流の単位はmA、パッケージの熱抵抗(θ_{JA})の単位は°C/mW、温度係数(TC)の単位はppm/°Cです。たとえば、標準静止電流(I_{IN}) = 1.2mA、I_{OUT} = 1mA、V_{IN} - V_{OUT} = 1Vの場合、TCが1ppm/°Cで、熱抵抗(θ_{JA}) = 0.3°C/mWのMSOP-8パッケージを使用するときに、付加される入力レギュレーションは標準で0.66ppm/V、負荷レギュレーションは標準0.3ppm/mAとなります。

バイパス・コンデンサと負荷コンデンサ

LT6657電圧リファレンスは、電源除去を改善するため、デバイスの近くに0.1μF以上の入力コンデンサを配置する必要があります。大きな直列インダクタンスを持つ長い入力ワイヤにより、大きな負荷トランジエントに対してリングング応答が発生する可能性があります。

また、1μF以上の出力コンデンサをデバイスに近くに配置する必要があります。出力コンデンサの値とタイプは、周波数の安

定性、ターンオン時間、セトリング特性に直接影響を与えます。出力コンデンサに直列な等価抵抗(ESR)により、出力バッファの伝達関数にゼロが生じ、動作が不安定になるおそれがあります。十分な位相マージンを維持するために、ESRを0.5Ω未満に保つことを推奨します。容量とESRはどちらも周波数に依存します。周波数が高いほど、容量が低下し、ESRが増加します。100kHzを超える周波数で安定性を確保するために、出力コンデンサは100kHzを超える周波数に対応できる特性を備えていることも求められます。適切な特性を備えたコンデンサについて、以下に説明します。

大きな出力コンデンサを必要とするアプリケーションでは、バルクのタンタル・コンデンサと低ESRのセラミック・コンデンサを並列接続することによって、最適に減衰された応答が得られます。たとえば、ESRが比較的大きい47μFのタンタル・コンデンサとESRが0.5Ωより小さい10μFのセラミック・コンデンサを並列接続すると、トランジエント応答が改善され、位相マージンが増加します。

X7Rタイプのようなセラミック・コンデンサを使用する際には、特に注意が必要です。これらのコンデンサは小型で適切な値のものが提供されており、広い温度範囲で比較的安定しています。ただし、X7Rコンデンサは圧電効果を生じることがあるので、低ノイズ要件には適さない場合があります。機械的振動によってセラミック誘電体内で電荷の変位が起き、その結果生じる振動がノイズとして現れることがあります。

非常に低ノイズのアプリケーションでは、圧電効果のないフィルム・コンデンサを検討する必要があります。ポリエステル、ポリカーボネート、ポリプロピレンなどのフィルム・コンデンサは温度に対する安定性が優れています。ポリプロピレンの温度の上限は85°C~105°Cなので、さらに注意が必要です。これらの温度を超えると、多くの場合、メーカーの仕様に従って動作電圧をデイレートするする必要があります。もうひとつのタイプのフィルム・コンデンサは硫化ポリフェニレン(PPS)です。これらのコンデンサは広い温度範囲で動作し、安定しており、容量値が大きく1μFを超えます。

電圧リファレンスのアプリケーションでは、フィルム・コンデンサの寿命は温度と印加電圧の影響を受けます。コンデンサの寿命は、定格電圧の近くまたはそれを超える電圧、高い温度、ACリップル、あるいはそれらが組み合わさった状態で動作させると短くなります。ほとんどの電圧リファレンス・アプリケーションでは、トランジエント発生時だけACリップルが現れます。

アプリケーション情報

ターンオンおよび入カトランジェント応答

ターンオン時間はスルーレートが制限され、次の式で求められるように、短絡電流、出力コンデンサ、および出力電圧によって決まります。

$$t_{ON} = V_{OUT} \cdot \frac{C_{OUT}}{I_{SC}}$$

たとえば、1 μ Fの出力コンデンサを使用し、標準電流制限が15mAのLT6657-2.5Vのターンオン時間は次のようになります。

$$t_{ON} = 2.5V \cdot \frac{1\mu F}{15mA} = 167\mu s$$

結果として得られたターンオン時間を図1に示します。

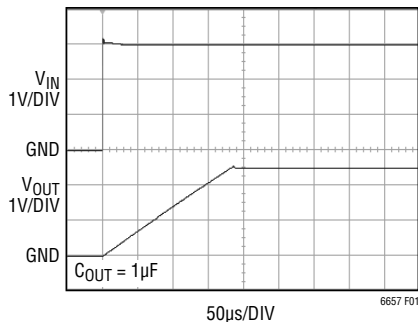


図1. 2.5Vでのターンオン特性

1 μ Fの出力コンデンサを使用し、出力電流がゼロのときの入力トランジェント応答を図2に示します。ピーク電圧出力応答は1mV未満です。

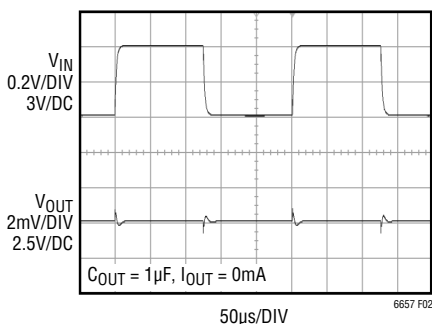


図2. $V_{IN} = 0.4V_{p-p}$ での入カトランジェント応答

出力負荷を増やすと、応答速度が上がります(図3)。

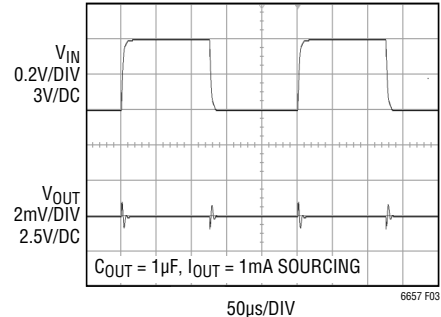


図3. $V_{IN} = 0.4V_{p-p}$ での入カトランジェント応答

出力コンデンサの容量を増やすと、振幅応答が低下しますが、その代わりに時間応答が長くなります(図4)。

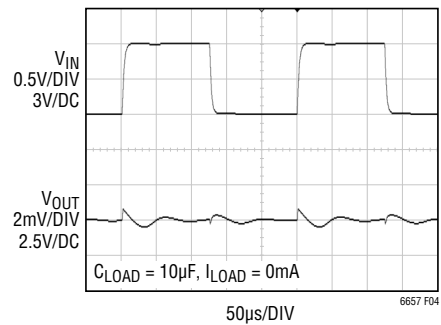


図4. $V_{IN} = 1V_{p-p}$ での入カトランジェント応答

負荷トランジェント応答

図5のテスト回路を使って、さまざまな電流での負荷トランジェント応答を測定します。

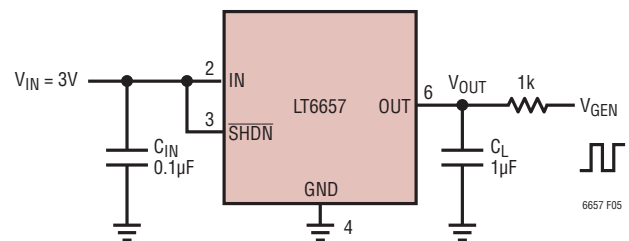


図5. トランジェント負荷のテスト回路

アプリケーション情報

ソース時とシンク時の5mAの電流ステップに対する負荷トランジェント応答をそれぞれ図6と図7に示します。

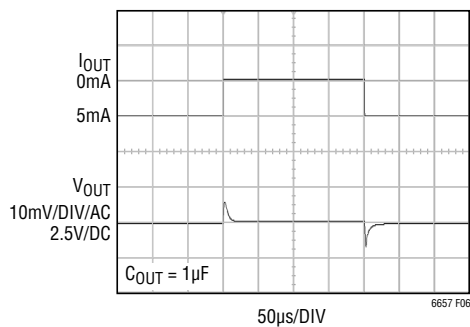


図6. ソース時の5mAの負荷ステップに対する出力応答

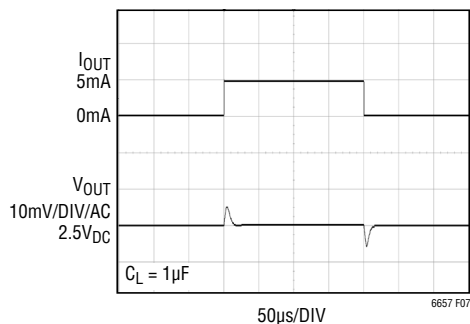


図7. シンク時の5mAの負荷ステップに対する出力応答

ソース時とシンク時の4mAから5mAへの小さい電流ステップに対する負荷トランジェント応答をそれぞれ図8と図9に示します。

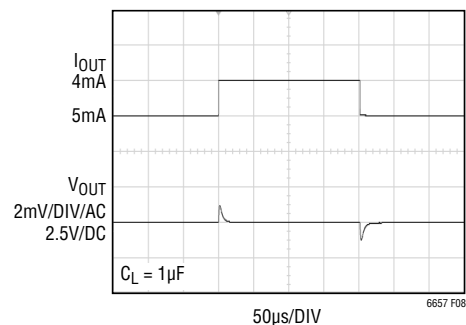


図8. ソース時の4mAから5mAへの負荷ステップに対する出力応答

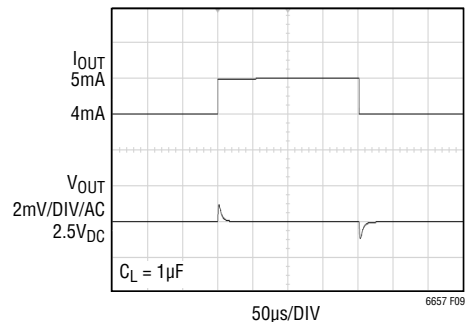


図9. シンク時の4mAから5mAへの負荷ステップに対する出力応答

ソース時とシンク時のさらに小さい0.5mAの電流ステップに対する負荷トランジェント応答をそれぞれ図10と図11に示します。

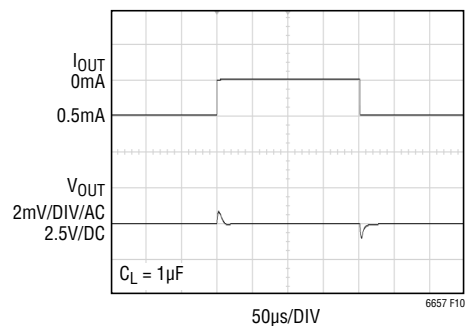


図10. ソース時の0.5mAの負荷ステップに対する出力応答

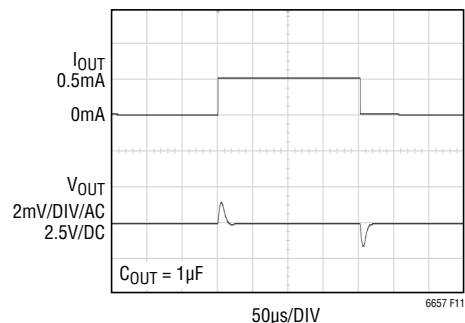


図11. シンク時の0.5mAの負荷ステップに対する出力応答

アプリケーション情報

LT6657の電流シンク時のドロップアウトの概要

LT6657の出力段は同じ大きさの電流をソースおよびシンクできます。電流ソース時には、通常の低ドロップアウト・レギュレータとして動作します。電流シンク時には、入力電圧が出力電圧と等しい、出力電圧より高い、または出力電圧よりわずかに低い場合にも安定化出力を維持できます。シンク時のドロップ電圧の仕様は、 $V_{IN} - V_{OUT}$ の負電圧値で表されます。標準的なユニットは、出力電圧より250mV (50mV保証)低い入力電圧で電流シンク時に安定化出力電圧を維持します。これより低い入力電圧では、出力が安定化されなくなります。これにより、出力と入力相结合可能で、出力からグラウンドに電流をシンクできるシャント・リファレンス・アプリケーションが可能になります。

正または負のシャント・モード動作

LT6657はシリーズ・モード動作に加えて、シャント・モードでも動作可能です。シャント・モードでは、リファレンスは図12および図13に示すように正電圧または負電圧リファレンスとして使用できる2端子回路として配線します。

R_{SHUNT} は次の式を使って選択します。

$$R_{SHUNT} = \frac{V_{DD} - V_{OUT}}{I_{SHUNT_MAX}}$$

ここで、 $I_{SHUNT_MAX} = 2.5\text{mA} + I_{OUT_MAX}$

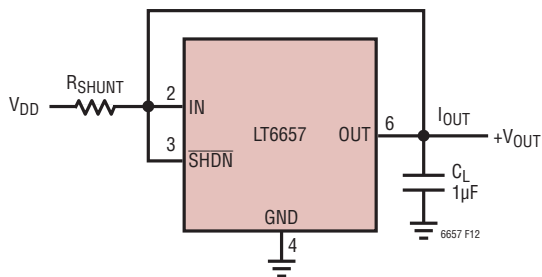


図12. 正電圧シャント・モード動作

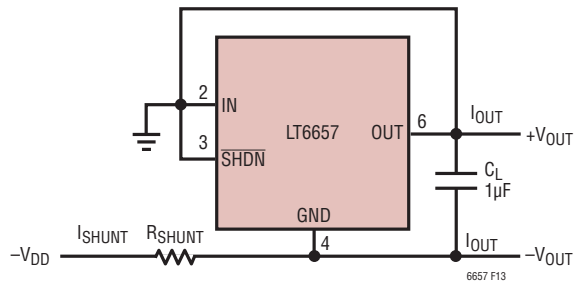


図13. 負電圧シャント・モード動作

シリーズ・モード動作と同じ性能を得るには、 I_{SHUNT} 電流を2.5mAより大きくしなければなりません。シャント・モード動作では、 I_{OUT_MAX} は8.5mA以下になります。安定動作のためには、出力に1µF以上の C_L を接続する必要があります。

シャットダウン・モード

\overline{SHDN} ピンをグラウンド基準で0.8Vより低くすると、LT6657は低消費電力状態になり、出力はオフになります。静止電流は標準2µAです。 \overline{SHDN} を0.4V未満に設定すると、静止電流は標準0.01µAに減少します。 \overline{SHDN} ピンのターンオンしきい値は1.26Vで、ターンオフしきい値には約150mVのヒステリシスがあります。ターンオンのロジック“H”電圧は1.6Vです。 \overline{SHDN} は、ロジックか、プルアップ抵抗付きオープン・コレクタ/オープン・ドレインで駆動します。この抵抗は、オープン・コレクタ/オープン・ドレイン・ロジックのプルアップ電流(通常は数マイクロアンペア)と \overline{SHDN} ピン電流(6V時に標準で5µA未満)を供給します。使用しない場合は、 \overline{SHDN} 入力ピンを V_{IN} に接続します。

電力損失

LT6657の電力損失は V_{IN} 、負荷電流、およびパッケージのタイプに依存します。MSOP-8パッケージの熱抵抗は $\theta_{JA} = 273^{\circ}\text{C}/\text{W}$ です。

最大接合部温度は150°Cですが、最良の性能を得るために、接合部温度の変化をできるだけ制限することを推奨します。MSOP-8パッケージで125°Cの最大接合部温度を使った、異なる V_{IN} と負荷条件に対する最大周囲温度リミットを図14の

アプリケーション情報

プロットで示します。負荷電流が10mAを超えると、デバイスは電流制限を開始する可能性があります。この場合は、出力電圧が安定化されなくなるので、デバイスの電力損失がかなり大きくなり、グラフで示すよりも高温で動作します。

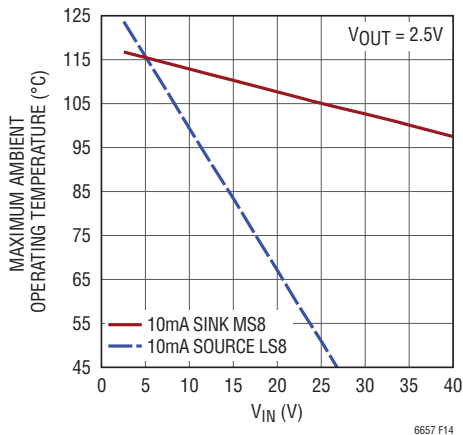


図14. 最大周囲動作温度

入力電圧が高く、ソース電流が大きいと、内部のサーマル・シャットダウン保護回路によって最大電力損失が制限されます。電流シンク時は、電力損失がはるかに小さく、シンク電流の制限によってある程度の負荷保護が行われるので、サーマル・シャットダウン保護は不要です。

ノイズ性能とノイズ仕様

LT6657はバンドギャップ・リファレンスとして並外れた低ノイズを実現します(0.1Hz～10Hzの帯域幅でわずか0.5ppmp-p)。このため、システムのノイズ性能はシステムの設計と物理的レイアウトによって決まります。最大限のノイズ性能を達成するには注意が必要です。部品のリードとPC基板のトレースに異種金属を使用すると、熱電対が形成されます。回路基板上の不均一なエア・フローによって熱抵抗が変動すると、リードに温度差が生じ、それによってリファレンスの出力に熱電効果による電圧ノイズを生じます。エアフローを抑制するとともに熱電対の個数を最少にすると、これらの誤差をかなり減らすことができます。その他の情報はリニアテクノロジーの「アプリケーションノート82」に記載されています。

入力と出力のコンデンサはデバイスの近くに配置します。LT6657のDC PSRRは130dBですが、最適な性能を保証するために電源はできるだけ安定させます。0.1Hz～10Hzの低周波ノイズのプロットが「標準的性能特性」のセクションに示されています。ノイズ性能をさらに改善するには、「標準的応用

例」のセクションに示されているように、複数のLT6657を並列に接続します。この技法により、ノイズは \sqrt{N} だけ減少します。ここで、Nは使用されるLT6657の個数です。

任意の周波数帯域におけるノイズは、熱ノイズ、ショット・ノイズ、フリッカ・ノイズなどの物理的特性に基づくランダム関数です。ノイズのようなランダム誤差を規定するには、例えばRMS値のような統計データを使用するのが最も正確な方法です。これにより比較的容易に最大誤差を推測することができます(一般にはノイズ帯域幅と波高率に関する仮定が必要です)。広帯域ノイズと異なり、一般に0.1Hz～10Hzの帯域で規定される低周波ノイズは、従来、ピーク・トゥ・ピーク誤差で表す予測誤差として規定されてきました。低周波ノイズは、通常、10秒のタイム・フレームにわたってオシロスコープで測定します。低周波数ではフリッカ・ノイズがスペクトラム密度を決定するため、ノイズを正確に測定するのは困難であり、またノイズの統計的な特性に関する一致をみることが難しいことから、これは実際的な方法です。しかし、実際的であっても、10秒間のランダム・サンプリングは低周波数のノイズを表す方法としては不適切で、とりわけ、このノイズによってシステム性能がかなり制約されるような場合には適しません。ノイズは本来ランダムなので、出力電圧は多くの期間にわたって測定でき、それぞれが異なる結果を示す可能性があります。この方法を使って決定されるノイズ仕様は主観的になりがちで、対象デバイスにおいて発生が予想される最大ノイズではなく、平均統計値となる傾向があります。

電圧リファレンスのデータシートの多くが低周波ノイズを標準値として表しており、その数値はピーク・トゥ・ピーク値の分布の平均に近い再現性のあるプロットによって表される傾向があるので、LT6657のデータシートには、類似の製品と直接比較できるように、同じように決定された標準仕様が記載されています。この方法で作成されたデータは、一般に、10秒間の出力電圧測定を連続して行う場合、測定結果の少なくとも半分では、ピーク・トゥ・ピーク値がこの数値よりも小さくなければならないことを示しています。たとえば、LT6657-2.5による測定値は、10秒間の測定値の少なくとも50%が0.5ppmp-p未満です。

以上に述べたように、ノイズの統計的分布は、長い時間にわたって測定した場合のノイズによる出力電圧のピーク誤差の方が、より短い期間で測定される誤差よりもはるかに大きくなる可能性があります。ノイズに起因して起こり得る最大誤差は、多くの場合、(6～8.4と仮定した)予想波高率を乗じたRMS値を使って予測します。この予測最大値は、非常に長時間にわたって出力電圧を測定した場合にのみ得られます。し

アプリケーション情報

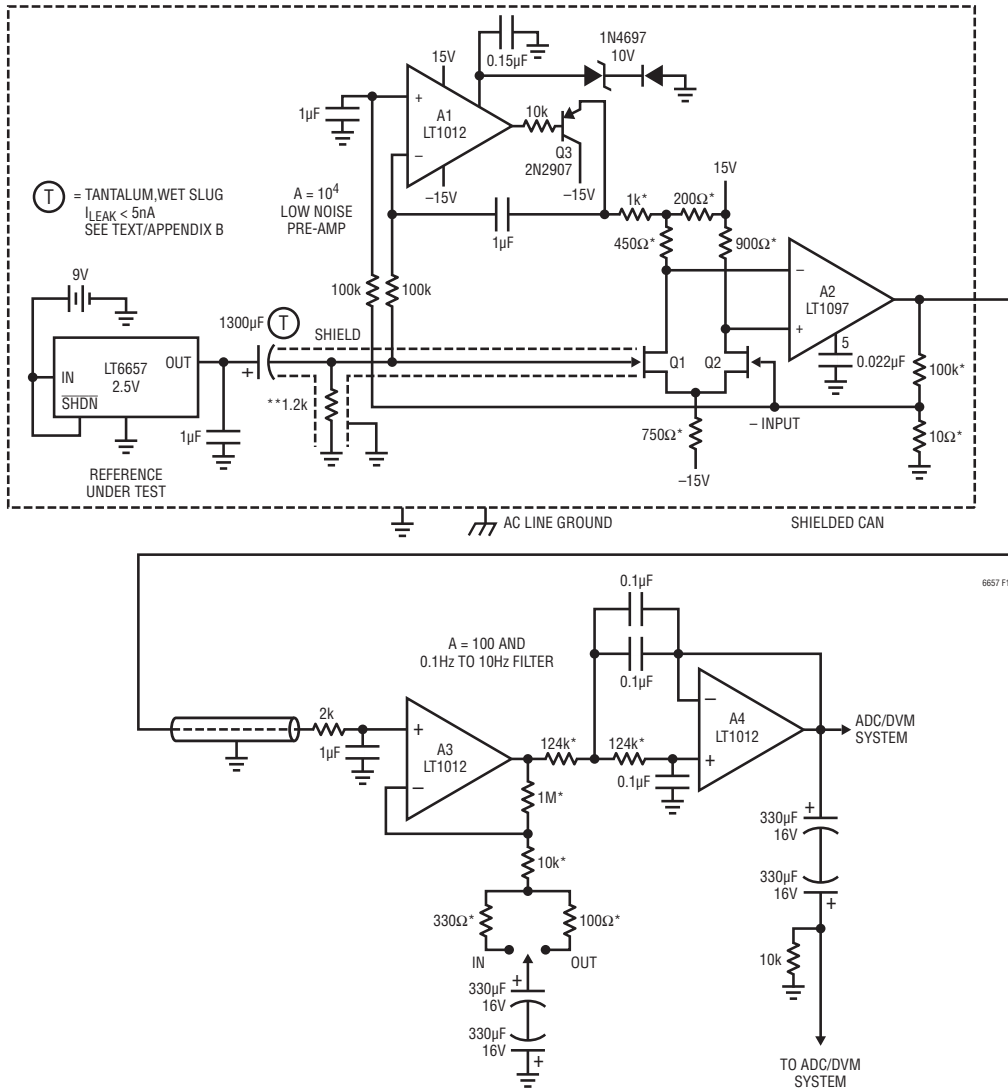


図15. LT6657のノイズテスト回路 (AN124を参照)

たがって、LT6657では、一般的な方法に加えて、より厳密なノイズ測定方法が使われており(詳細はリニアテクノロジーのAN124を参照)、その結果からさらに多くの情報を得ることができます。特に、この方法は非常に長時間にわたりノイズの特性を評価し、結果として低周波ノイズをより詳細に表すことができます。リファレンスのノイズは、ADC/DVMシステムを使って図15に示す回路の出力で測定します。ピーク・トゥ・ピーク

電圧は、10秒の期間で数百回測定します。次いで、測定ノイズが規定レベルに満たない測定期間の割合を基に結果をまとめます。たとえば、LT6657-2.5では、80%の測定期間における測定値が0.55ppmp-P未満で、95%の測定期間における測定値が0.59ppmp-P未満です。図15にプリアンプとフィルタを示します。ノイズにおけるこの統計的変動を図16に示します。

アプリケーション情報

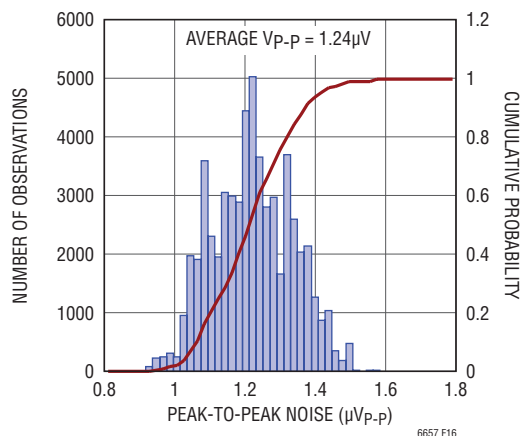


図16. LT6657の低周波ノイズのヒストグラム

この低周波ノイズのテスト方法は、一般的な方法よりも実際的です。テスト結果から、単一測定による結果ではなく、包括的な統計データを得られます。さらに、出力電圧を経時的に直接測定することにより、波高率などの統計的仮定に基づく予測値ではなく、実際のピーク・ノイズを得ることができます。

ヒステリシス

熱ヒステリシスは、温度サイクリングをした結果の出力電圧の変化を測定したものです。LT6657-2.5に関して得られたデータに基づく標準ヒステリシスを図15に示します。独自の設計手法によって熱ヒステリシスが最小限に抑えられています。LT6657は比較的大きな消費電力に対応しています。たとえば、LT6657-2.5で入力電圧が40V、ソース負荷電流が5mAの場合、電力損失は $PD = 40V \cdot 1.4mA + 37.5V \cdot 5mA = 244mW$ になるので、MSOP-8パッケージではダイ温度が73°C上昇します。これによって接合部温度が125°Cを超える可能性があり、デバイスがパワーアップするたびに熱ヒステリシスによって出力が変化することがあります。

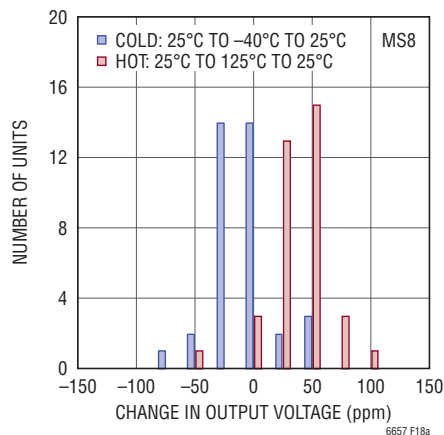


図17. 熱ヒステリシスによる ΔV_{OUT}

長期ドリフト

LT6657のドリフト・データは、実際のアプリケーションと同様にPC基板に半田付けされた40個のデバイスについて収集されたものです。これらの基板は $T_A = 35^\circ C$ の一定温度の炉内に置き、出力は8.5桁のDVMを使って定期的にスキャンして測定したものです。標準的な長期ドリフトを図18に示します。

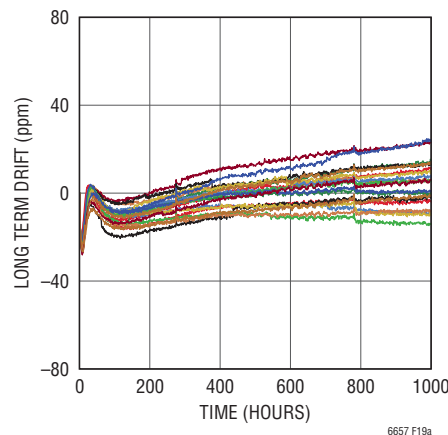


図18. 長期ドリフト (MS8パッケージ)

アプリケーション情報

PC 基板レイアウトによる応力

LT6657は、「電気的特性」の表に示すように、1.5ppm/°C未満の誤差で全温度範囲にわたり非常に安定したリファレンスです。PC基板へのデバイスの半田付けによって生じる機械的応力により、出力電圧が変化したり、ダイの温度係数が変化することがあります。PC基板は、長期安定性、熱ヒステリシス、湿度安定性など、安定性のあらゆる側面に影響を及ぼす可能性があります。詳細については、リニアテクノロジーのAN82を参照してください。

IRリフローによる変化

基板にデバイスを半田付けする際の機械的応力により、出力電圧の変化が生じる可能性があります。さらに、IRリフローや対流式半田炉の熱によって、出力電圧が変化する可能性があります。半導体デバイスを構成する素材とそのパッケージの膨張と収縮の速度は異なります。デバイスが、図19に示すような無鉛IRリフロー・プロファイルの高熱に曝されると、出力電圧は変化します。デバイスが熱によって膨張してから収縮した後では、ダイの応力の場所が変わっています。この変化は熱ヒステリシスと似てますが、より大きなものです。

MS8パッケージの場合のIRリフローによる変化の実験結果を図20に示します。これらの結果はリフローによる変化のみを示しており、機械的応力による変化は示していません。

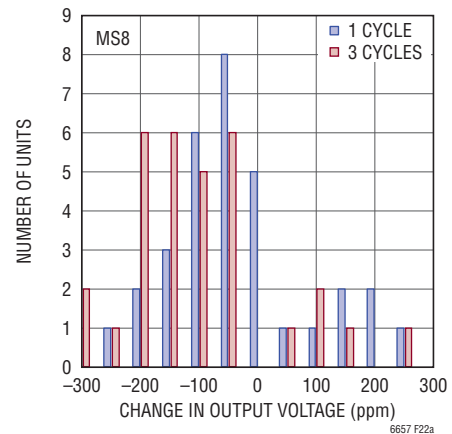


図20. IRリフローによる ΔV_{OUT} (MS8パッケージ)、ピーク温度 = 260°C

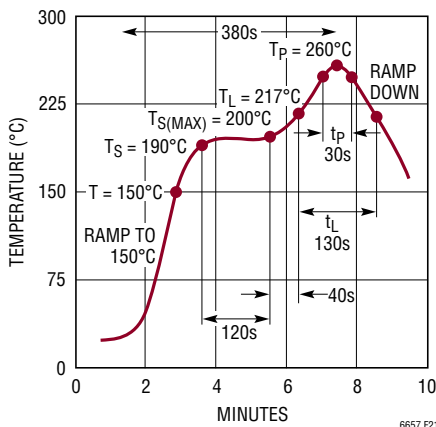
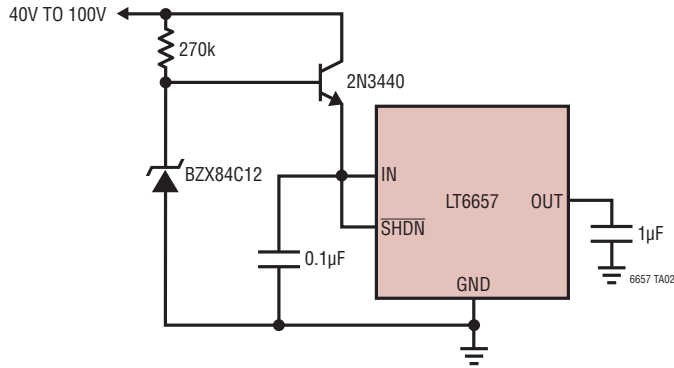


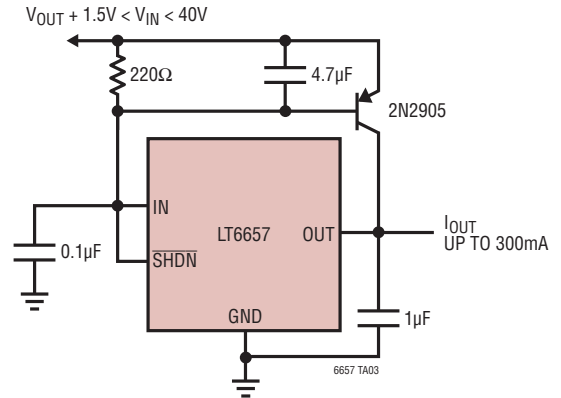
図19. 無鉛リフロー・プロファイル

標準的応用例

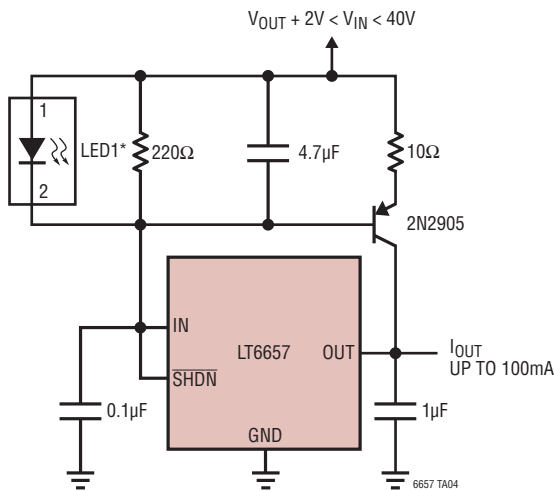
電源範囲を広げたリファレンス



出力電流を増やしたリファレンス

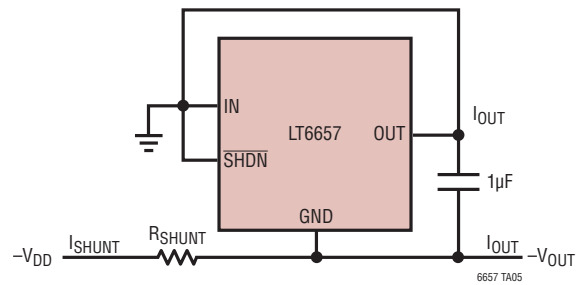


電流制限付きで出力電流を増やしたリファレンス



* LED CANNOT BE OMITTED
THE LED CLAMPS THE VOLTAGE
DROP ACROSS THE 220Ω AND
LIMITS OUTPUT CURRENT

負電圧シャント・モード・リファレンス

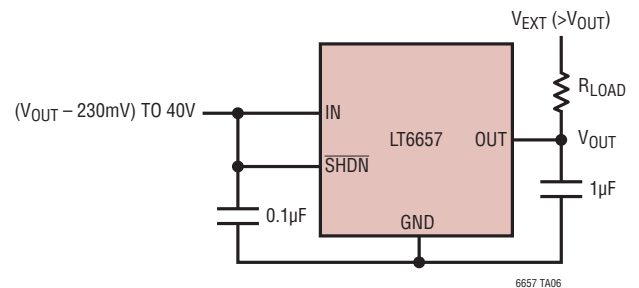


$$R_{SHUNT} = \frac{V_{DD} - V_{OUT}}{I_{SHUNT_MAX}}$$

$$I_{SHUNT_MAX} = 2.5mA + I_{OUT_MAX}$$

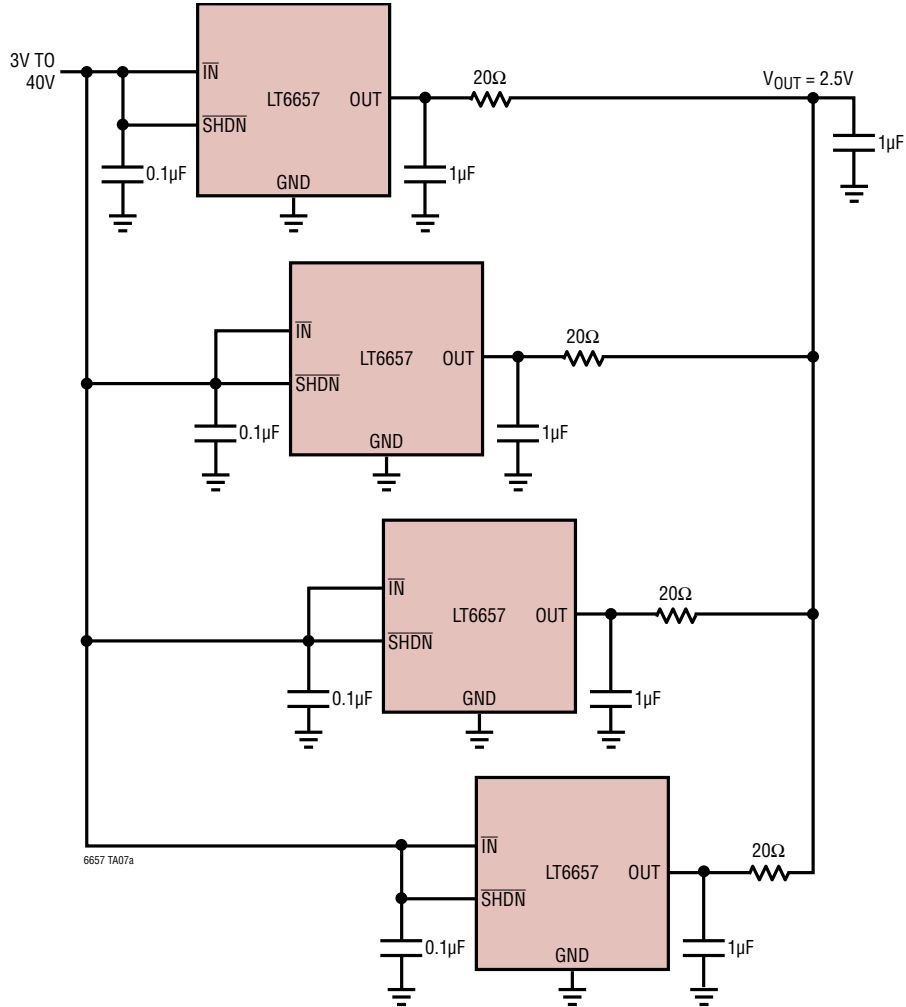
$$I_{OUT_MAX} < 8.5mA$$

外部回路からの電流シンク

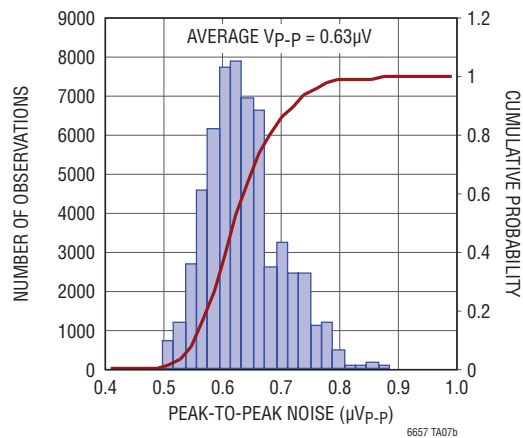


標準的応用例

統計的に平均化した低ノイズ・リファレンス
 $e_{NOUT} = e_N / \sqrt{N}$, ここで N は並列接続したLT6657の個数



並列接続した4個のLT6657の低周波ノイズ (0.1Hz~10Hz)

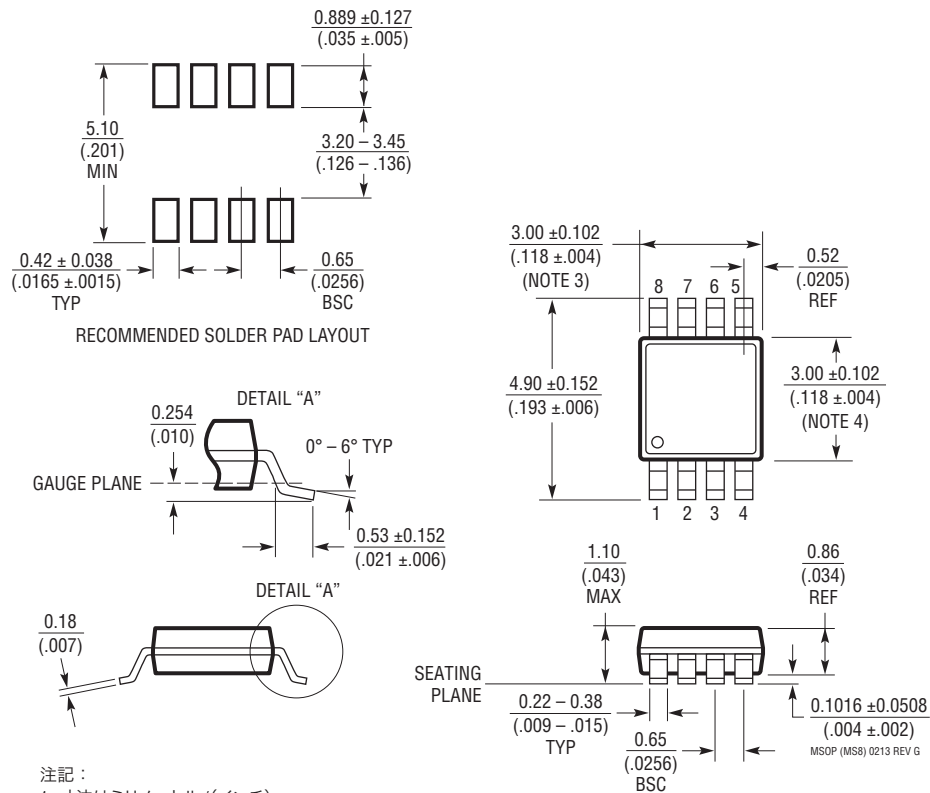


パッケージ

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

MS8 Package
8-Lead Plastic MSOP

(Reference LTC DWG # 05-08-1660 Rev G)

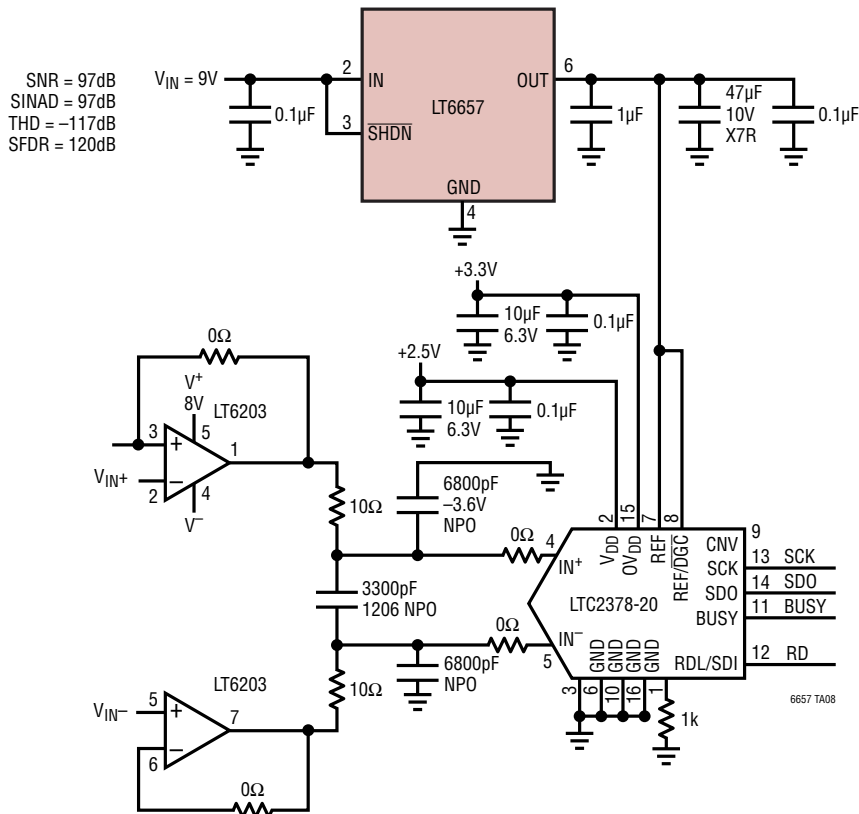


注記:

1. 寸法はミリメートル/(インチ)
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法にはモールドのバリ、突出部、またはゲートのバリを含まない
モールドのバリ、突出部、またはゲートのバリは、各サイドで 0.152mm (0.006°) を超えないこと
4. 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない
リード間のバリまたは突出部は、各サイドで 0.152mm (0.006°) を超えないこと
5. リードの平坦度(整形後のリードの底面)は最大 0.102mm (0.004°) であること

標準的応用例

低ノイズ高精度20ビットA/Dコンバータのアプリケーション



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1236	高精度、低ドリフト、低ノイズのリファレンス	最大0.05%、最大5ppm/°C、(ピーク・トゥ・ピーク)ノイズ:1ppm
LT1460	マイクロパワー・シリーズ・リファレンス	最大0.075%、最大10ppm/°C、出力電流:20mA
LT1461	マイクロパワー低ドロップアウト・シリーズ・リファレンス	最大0.04%、最大3ppm/°C、出力電流:50mA
LT1790	マイクロパワー高精度シリーズ・リファレンス	最大0.05%、最大10ppm/°C、電源電流:60μA、SOT23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	最大0.2%、最大20ppm/°C、出力電流:20mA、2mm×2mm DFNパッケージ
LT6650	バッファ・アンプ付きマイクロパワー・リファレンス	最大0.5%、電源電流:5.6μA、SOT23パッケージ
LTC6652	高精度、バッファ付き電圧リファレンス・ファミリ	最大初期誤差:0.05%、最大ドリフト:5ppm/°C、シャットダウン電流:<2μA、動作温度範囲:-40°C~125°C
LT6654	出力駆動電流の大きい、低ノイズ、高電圧の電圧リファレンス・ファミリ	ピーク・トゥ・ピーク・ノイズ:1.6ppm (0.1Hz~10Hz)、シンク/ソース電流:±10mA、最大ドリフト:10ppm/°C、動作温度範囲:-40°C~125°C
LTC6655	低ノイズ、低温度ドリフトの高精度電圧リファレンス・ファミリ	ピーク・トゥ・ピーク・ノイズ:0.25ppm (0.1Hz~10Hz)、シンク/ソース電流:±5mA、最大0.025%、最大ドリフト:2ppm/°C、動作温度範囲:-40°C~125°C
LT6656	超低電流のシリーズ電圧リファレンス・ファミリ	電源電流:<1μA、最大0.05%、10ppm/°C、シンク/ソース電流:±5mA