

ノイズが0.25ppmの低ドリフト 高精度リファレンス

特長

- 低ノイズ: 0.25ppm_{p-p} (0.1Hz~10Hz)
LTC6655-2.5では625nV_{p-p}
- 低ドリフト: 2ppm/°C (最大)
- 高精度: ±0.025% (最大)
- 湿度の影響を受けない (LS8パッケージ)
- 熱ヒステリシス (LS8): 30ppm (−40°C~85°C)
- 長期ドリフト (LS8): 20ppm/√kHr
- −40°C、25°C、125°Cで全数テスト済み
- 負荷レギュレーション: < 10ppm/mA
- シンク電流およびソース電流: ±5mA
- 低ドロップアウト電圧: 500mV
- 最大電源電圧: 13.2V
- 低消費電力のシャットダウン: < 20μA (最大)
- 供給可能な出力電圧の種類: 1.25V、2.048V、2.5V、3V、3.3V、4.096V、5V
- 8ピンMSOPパッケージおよび安定性の高い気密封止の5mm×5mm LS8パッケージで供給可能

アプリケーション

- 計測機器およびテスト装置
- 高分解能データ収集システム
- 計量器
- 高精度バッテリー・モニタ
- 高精度レギュレータ
- 医療機器

概要

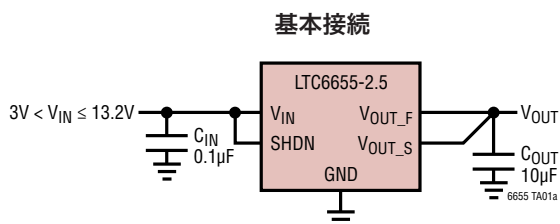
LTC®6655は、格段のノイズ性能およびドリフト性能を持つ高精度バンドギャップ電圧リファレンス・ファミリです。この低ノイズおよび低ドリフトは、計測機器やテスト装置で要求される高分解能測定に最適です。さらに、LTC6655は−40°C~125°Cの温度範囲で完全に規定されているので、要求の厳しい自動車用アプリケーションや産業用アプリケーションに対して安定性を確保できます。このバンドギャップ・リファレンスは、高度な曲率補正により、温度特性を予測可能な2ppm/°C未満のドリフトと±0.025%の出力電圧精度を実現できるので、較正の必要性が減るか、較正が不要になります。

LTC6655が動作可能な電源電圧の範囲は、出力電圧よりわずかに500mV高い電圧から13.2Vまでです。優れた負荷レギュレーションとソース能力およびシンク能力に加え、格段の入力電圧除去比により、広範囲の動作条件にわたって安定した性能を実現します。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。

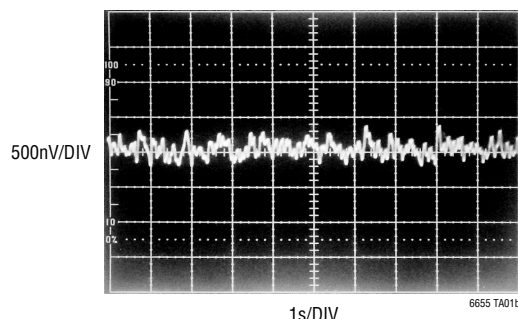
LTC6655リファレンスは、8ピンMSOPパッケージと8ピンLS8パッケージで供給されます。LS8は、抜群の安定性を示す5mm×5mmの表面実装型気密封止パッケージです。

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。他の全ての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

標準的応用例



低周波数0.1Hz~10Hzノイズ (LTC6655-2.5)



LTC6655

絶対最大定格 (Note 1)

入力電圧	動作温度範囲 (Note 2)
V_{IN} からGND $-0.3V \sim 13.2V$ $-40^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$
\overline{SHDN} からGND $-0.3V \sim (V_{IN} + 0.3V)$	保存温度範囲 (Note 2) $-65^{\circ}C \sim 150^{\circ}C$
出力電圧:	リード温度範囲 (半田付け、10秒)
V_{OUT_F} $-0.3V \sim (V_{IN} + 0.3V)$	(Note 3) $300^{\circ}C$
V_{OUT_S} $-0.3V \sim 6V$	
出力短絡時間 無期限	

ピン配置

TOP VIEW

MS8 PACKAGE
8-LEAD PLASTIC MSOP
 $T_{JMAX} = 150^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 300^{\circ}C/W$
*CONNECT PINS TO DEVICE GND (PIN 4)

TOP VIEW

LS8 PACKAGE
8-PIN LEADLESS CHIP CARRIER (5mm × 5mm)
 $T_{JMAX} = 150^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 120^{\circ}C/W$
*CONNECT PINS TO DEVICE GND (PIN 4)

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
LTC6655BHMS8-1.25#PBF	LTC6655BHMS8-1.25#TRPBF	LTFDG	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC6655CHMS8-1.25#PBF	LTC6655CHMS8-1.25#TRPBF	LTFDG	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC6655BHMS8-2.048#PBF	LTC6655BHMS8-2.048#TRPBF	LTFDH	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC6655CHMS8-2.048#PBF	LTC6655CHMS8-2.048#TRPBF	LTFDH	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC6655BHMS8-2.5#PBF	LTC6655BHMS8-2.5#TRPBF	LTFCY	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC6655CHMS8-2.5#PBF	LTC6655CHMS8-2.5#TRPBF	LTFCY	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC6655BHMS8-3#PBF	LTC6655BHMS8-3#TRPBF	LTFDJ	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC6655CHMS8-3#PBF	LTC6655CHMS8-3#TRPBF	LTFDJ	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC6655BHMS8-3.3#PBF	LTC6655BHMS8-3.3#TRPBF	LTFDK	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC6655CHMS8-3.3#PBF	LTC6655CHMS8-3.3#TRPBF	LTFDK	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC6655BHMS8-4.096#PBF	LTC6655BHMS8-4.096#TRPBF	LTFDM	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC6655CHMS8-4.096#PBF	LTC6655CHMS8-4.096#TRPBF	LTFDM	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC6655BHMS8-5#PBF	LTC6655BHMS8-5#TRPBF	LTFDN	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC6655CHMS8-5#PBF	LTC6655CHMS8-5#TRPBF	LTFDN	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC6655BHLS8-2.5 #PBF†	N/A	665525	8-Lead Ceramic LCC (5mm × 5mm)	-40°C to 125°C
LTC6655CHLS8-2.5 #PBF†	N/A	665525	8-Lead Ceramic LCC (5mm × 5mm)	-40°C to 125°C
LTC6655BHLS8-4.096#PBF†	N/A	554096	8-Lead Ceramic LCC (5mm × 5mm)	-40°C to 125°C
LTC6655CHLS8-4.096#PBF†	N/A	554096	8-Lead Ceramic LCC (5mm × 5mm)	-40°C to 125°C
LTC6655BHLS8-5 #PBF†	N/A	66555	8-Lead Ceramic LCC (5mm × 5mm)	-40°C to 125°C
LTC6655CHLS8-5 #PBF†	N/A	66555	8-Lead Ceramic LCC (5mm × 5mm)	-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。*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。

†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。

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。

LTC6655

利用可能なオプション

出力電圧	初期精度	温度係数	製品番号 [†]
1.250	0.025% 0.05%	2ppm/°C 5ppm/°C	LTC6655BHMS8-1.25 LTC6655CHMS8-1.25
2.048	0.025% 0.05%	2ppm/°C 5ppm/°C	LTC6655BHMS8-2.048 LTC6655CHMS8-2.048
2.500	0.025% 0.05%	2ppm/°C 5ppm/°C	LTC6655BHMS8-2.5 LTC6655CHMS8-2.5
	0.025% 0.05%	2ppm/°C 5ppm/°C	LTC6655BHLS8-2.5 LTC6655CHLS8-2.5
3.000	0.025% 0.05%	2ppm/°C 5ppm/°C	LTC6655BHMS8-3.0 LTC6655CHMS8-3.0
3.300	0.025% 0.05%	2ppm/°C 5ppm/°C	LTC6655BHMS8-3.3 LTC6655CHMS8-3.3
4.096	0.025% 0.05%	2ppm/°C 5ppm/°C	LTC6655BHMS8-4.096 LTC6655CHMS8-4.096
	0.025% 0.05%	2ppm/°C 5ppm/°C	LTC6655BHLS8-4.096 LTC6655CHLS8-4.096
5.000	0.025% 0.05%	2ppm/°C 5ppm/°C	LTC6655BHMS8-5 LTC6655CHMS8-5
	0.025% 0.05%	2ppm/°C 5ppm/°C	LTC6655BHLS8-5 LTC6655CHLS8-5

[†]製品番号の完全なリストについては、「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。注記がない限り、 $V_{IN} = V_{OUT} + 0.5\text{V}$ 、 V_{OUT_S} は V_{OUT_F} に接続。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage	LTC6655B		-0.025		0.025	%
	LTC6655C		-0.05		0.05	%
Output Voltage Temperature Coefficient (Note 4)	LTC6655B	●		1	2	ppm/°C
	LTC6655C	●		2.5	5	ppm/°C
Line Regulation	$V_{OUT} + 0.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 13.2\text{V}$, $\overline{\text{SHDN}} = 2\text{V}$			5	25 40	ppm/V ppm/V
Load Regulation (Note 5)	$I_{\text{SOURCE}} = 5\text{mA}$	LTC6655MS8	●	3	15	ppm/mA ppm/mA
		LTC6655LS8	●	3	15	ppm/mA ppm/mA
			●			
	$I_{\text{SINK}} = 5\text{mA}$	LTC6655MS8	●	10	30	ppm/mA ppm/mA
		LTC6655LS8	●	20	45	ppm/mA ppm/mA
			●			
Operating Voltage (Note 6)	LTC6655-1.25, LTC6655-2.048, LTC6655-2.5 $I_{\text{SOURCE}} = 5\text{mA}$, $V_{\text{OUT Error}} \leq 0.1\%$		●	3	13.2	V
	LTC6655-3, LTC6655-3.3, LTC6655-4.096, LTC6655-5 $I_{\text{SOURCE}} = \pm 5\text{mA}$, $V_{\text{OUT Error}} \leq 0.1\%$		●	$V_{\text{OUT}} + 0.5$	13.2	V
	$I_{\text{OUT}} = 0\text{mA}$, $V_{\text{OUT Error}} \leq 0.1\%$		●	$V_{\text{OUT}} + 0.2$	13.2	V

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = V_{OUT} + 0.5\text{V}$ 、 V_{OUT_S} は V_{OUT_F} に接続。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Short-Circuit Current	Short V_{OUT} to GND			20		mA
	Short V_{OUT} to V_{IN}			20		mA
Shutdown Pin ($\overline{\text{SHDN}}$)	Logic High Input Voltage	●	2.0			V
	Logic High Input Current, $\overline{\text{SHDN}} = 2\text{V}$	●			12	μA
	Logic Low Input Voltage	●			0.8	V
	Logic Low Input Current, $\overline{\text{SHDN}} = 0.8\text{V}$	●			15	μA
Supply Current	No Load			5	7	mA
		●			7.5	mA
Shutdown Current	$\overline{\text{SHDN}}$ Tied to GND	●			20	μA
Output Voltage Noise (Note 7)	$0.1\text{Hz} \leq f \leq 10\text{Hz}$			0.25		ppm _{P-P}
	$10\text{Hz} \leq f \leq 1\text{kHz}$			0.67		ppm _{RMS}
Turn-On Time	0.1% Settling, $C_{OUT} = 2.7\mu\text{F}$			400		μs
Long-Term Drift of Output Voltage (Note 8)	LTC6655MS8			60		ppm/ $\sqrt{\text{kHz}}$
	LTC6655LS8			20		ppm/ $\sqrt{\text{kHz}}$
Hysteresis (Note 9)	LTC6655MS8					
	$\Delta T = 0^\circ\text{C}$ to 70°C			20		ppm
	$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ to 85°C			30		ppm
	$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ to 125°C			60		ppm
	LTC6655LS8					
	$\Delta T = 0^\circ\text{C}$ to 70°C			5		ppm
	$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ to 85°C			30		ppm
	$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ to 125°C			80		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: 規定温度範囲外でデバイスを保存すると、精度に影響を及ぼすことがある。大きな温度変化は、熱ヒステリシスによるデバイスの性能の変化を生じることがある。最良の特性を得るには、できる限り極端な温度を避ける。

Note 3: 示されている温度は手作業によるリワーク時のリードの半田付けに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: 負荷レギュレーションは、無負荷から規定負荷電流まで、パルスを使って測定される。負荷電流が2mAの検出電流に付加される。ダイ温度の変化による出力変化は別途考慮しなければならない。

Note 6: 負荷レギュレーション誤差は含まれない。LTC6655-1.25、LTC6655-2.048およびLTC6655-2.5の最小電源電圧は、負荷条件に関わらず、内部回路の電源要件により設定される。LTC6655-3、LTC6655-3.3、LTC6655-4.096およびLTC6655-5の最小電源電圧は負荷電流により規定される。

Note 7: 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。ノイズの統計学的性質により、ノイズ測定を繰り返すと、特定の測定時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回の時間間隔におけるよりもノイズが高くなる時間間隔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%のユニットが同様に、またはより良く動作す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ルアナライザを使って測定する。

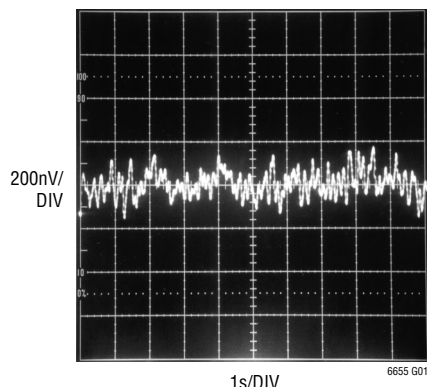
Note 8: 長期安定性は通常対数特性をもっているため、1000時間以後の変化はそれ以前に比べてはるかに小さくなる傾向がある。次の1000時間の全ドリフトは通常最初の1000時間の全ドリフトの3分の1より小さく、時間の経過とともに引き続きドリフトが減少していく傾向がある。長期安定性は、基板組立時に生じる、ICと基板材料の間の応力の影響も受ける。

Note 9: 出力電圧のヒステリシスは、ICがそれまでに置かれていた温度が高温か低温かに従ってパッケージ・ストレス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、デバイスは続いて測定される前に高温と低温のリミットに曝す。ヒステリシスは温度変化の2乗にはほぼ比例する。十分管理された温度（動作温度の20度ないし30度以内）で保存されている計測機器では、通常ヒステリシスは重要な誤差源ではない。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 の順番でデバイスの温度環境を変えた場合のワーストケースのデータである。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。

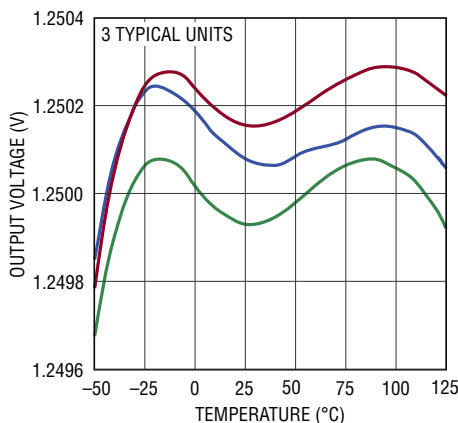
標準的性能特性

LTC6655のほとんどの電圧オプションで特性曲線は類似している。LTC6655-1.25、LTC6655-2.5およびLTC6655-5の曲線はリファレンス・ファミリ全体にわたる性能の範囲を表している。他の出力電圧オプションの特性曲線はこれらの曲線の間に位置し、それらの出力電圧に基づいて推定することができる。

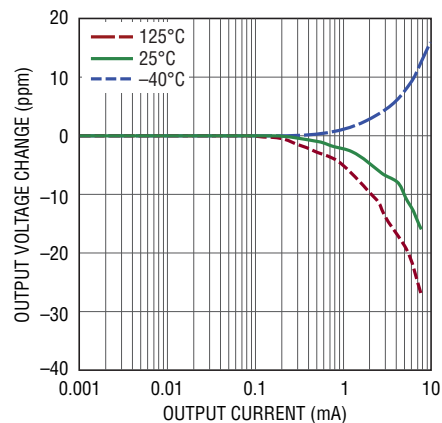
1.25Vでの低周波数
0.1Hz~10Hzノイズ



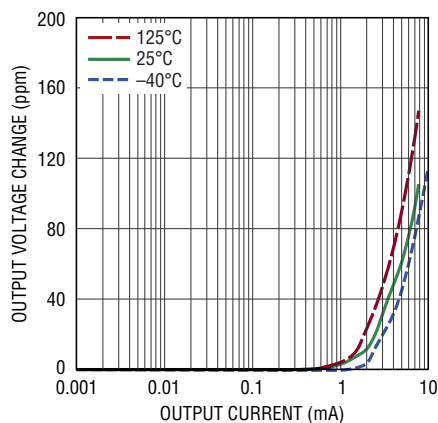
1.25Vでの出力電圧の温度ドリフト



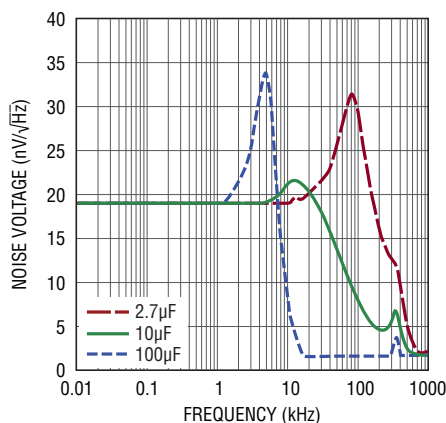
1.25Vでの負荷レギュレーション
(電流をソース)



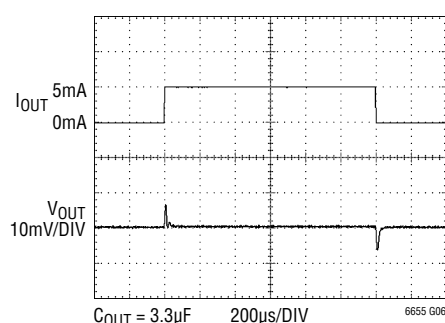
1.25Vでの負荷レギュレーション
(電流をシンク)



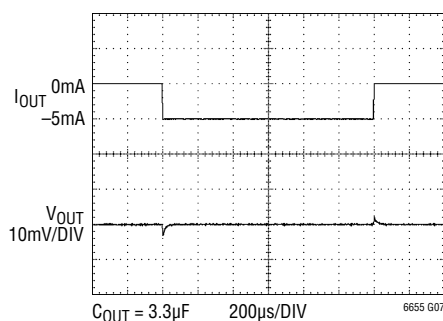
1.25Vでの出力電圧ノイズの
スペクトル



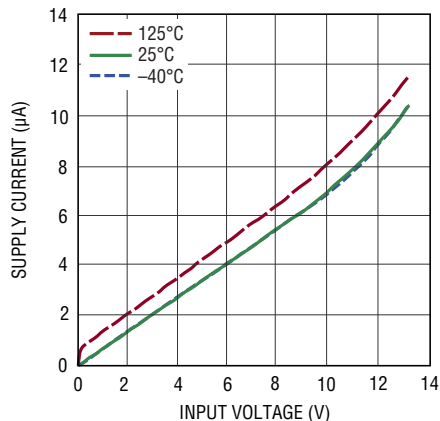
1.25Vでのシンク電流
(3.3μF出力コンデンサ使用)



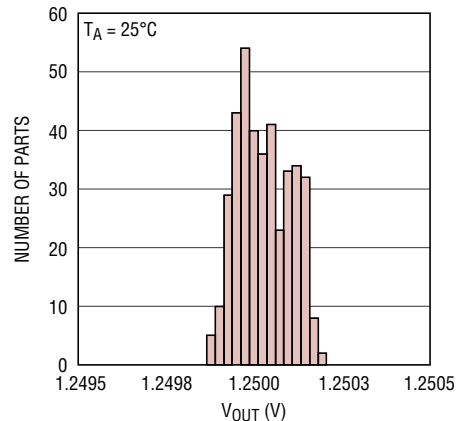
1.25Vでのソース電流
(3.3μF出力コンデンサ使用)



1.25Vでのシャットダウン時
消費電流と入力電圧



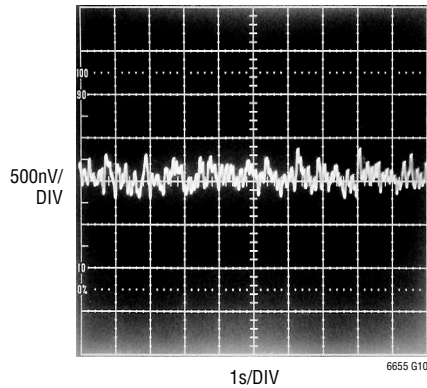
1.25Vでの V_{OUT} の分布



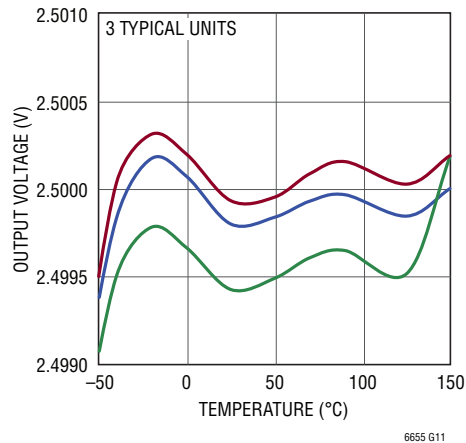
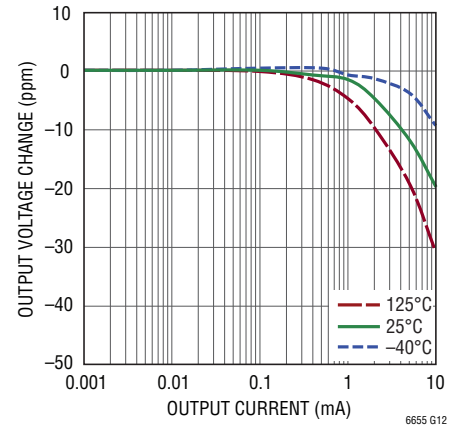
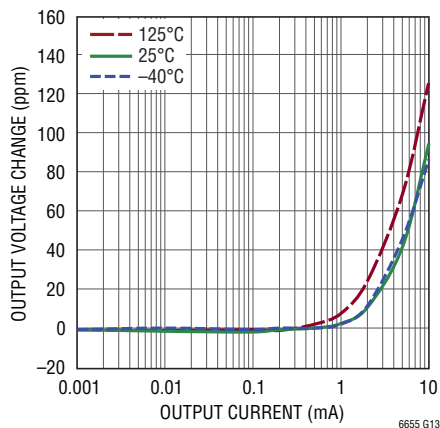
標準的性能特性

LTC6655のほとんどの電圧オプションで特性曲線は類似している。LTC6655-1.25、LTC6655-2.5およびLTC6655-5の曲線はリファレンス・ファミリ全体にわたる性能の範囲を表している。他の出力電圧オプションの特性曲線はこれらの曲線の間に位置し、それらの出力電圧に基づいて推定することができる。

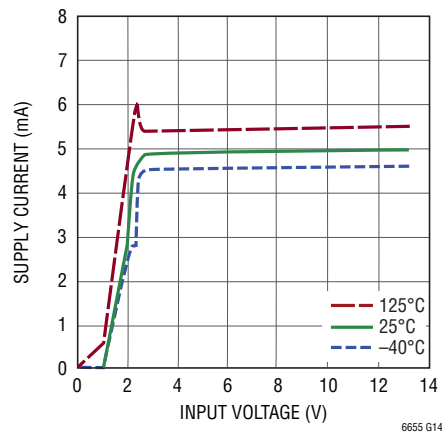
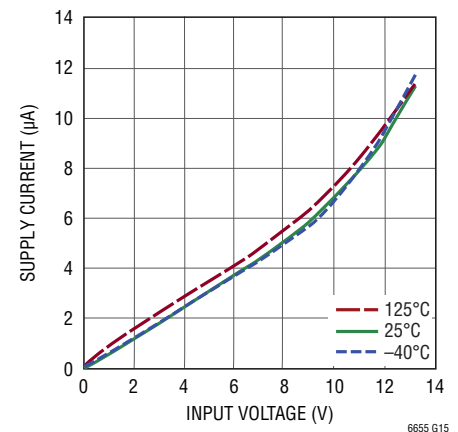
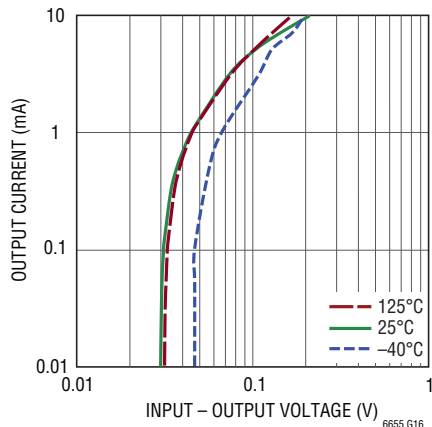
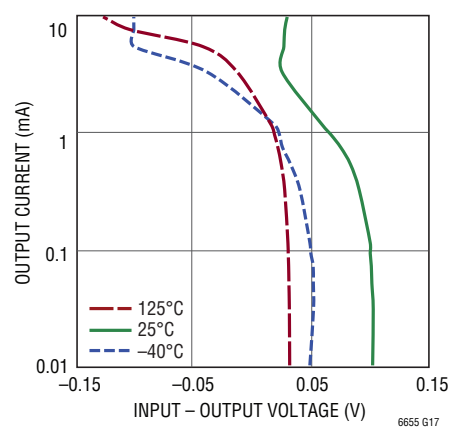
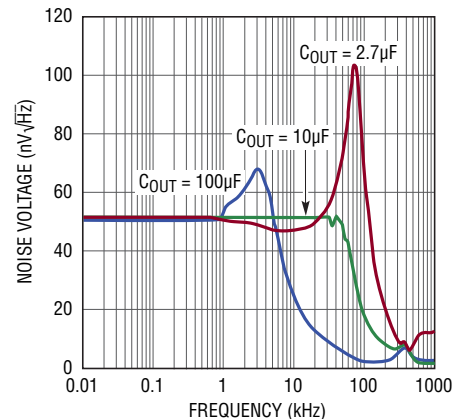
2.5Vでの低周波数0.1Hz~10Hzノイズ



2.5Vでの出力電圧の温度ドリフト

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)

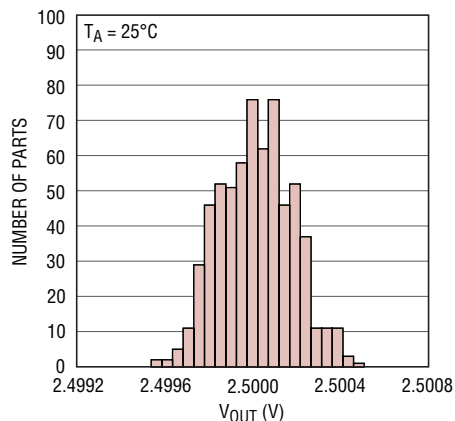
2.5Vでの消費電流と入力電圧

2.5Vでのシャットダウン時
消費電流と入力電圧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での出力電圧ノイズの
スペクトル

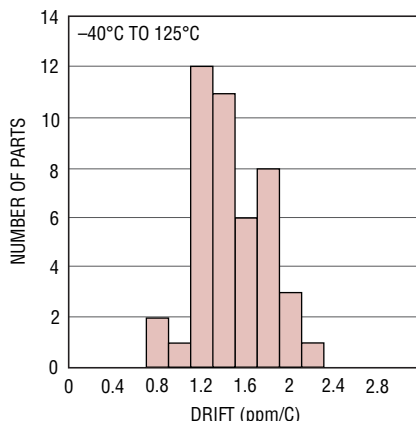
標準的性能特性

LTC6655のほとんどの電圧オプションで特性曲線は類似している。LTC6655-1.25、LTC6655-2.5およびLTC6655-5の曲線はリファレンス・ファミリ全体にわたる性能の範囲を表している。他の出力電圧オプションの特性曲線はこれらの曲線の間に位置し、それらの出力電圧に基づいて推定することができる。

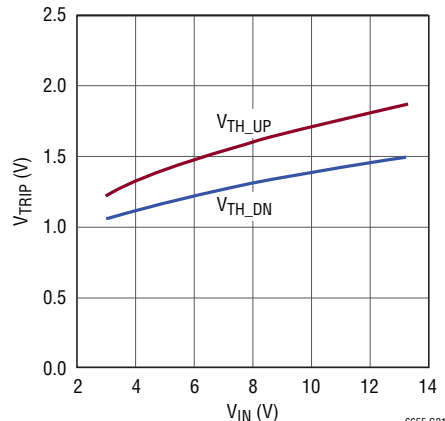
2.5Vでの V_{OUT} の分布



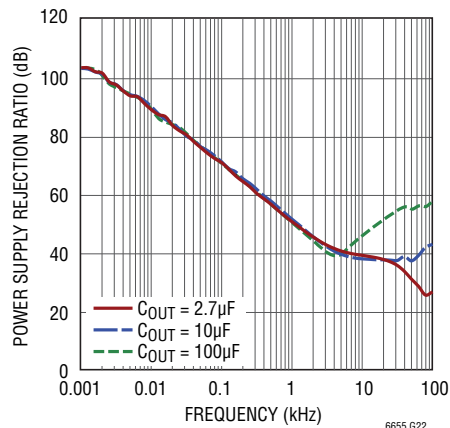
2.5Vでの温度ドリフトの分布



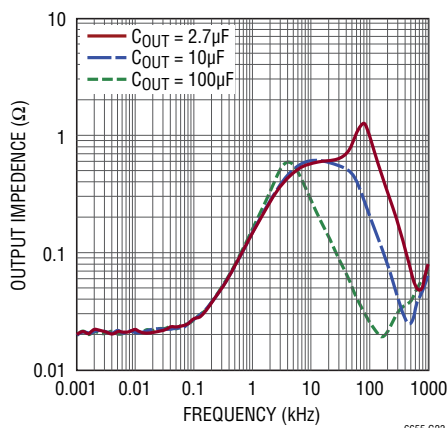
2.5Vでの \overline{SHDN} 入力電圧
スレッシュホールドと V_{IN}



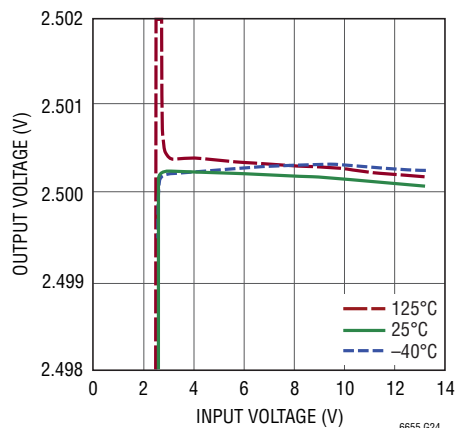
2.5Vでの電源除去比と周波数



2.5Vでの出力インピーダンスと
周波数



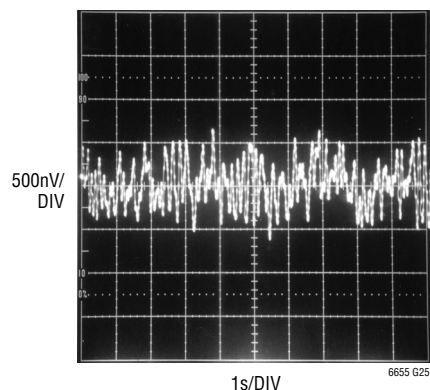
2.5Vでのライン・レギュレーション



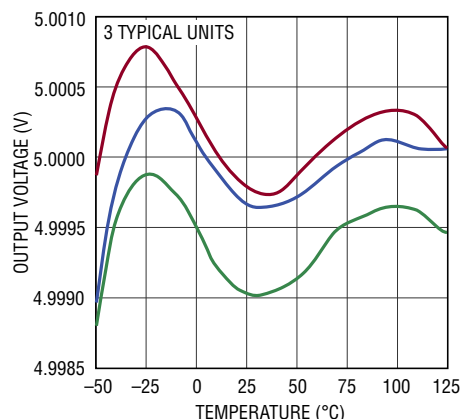
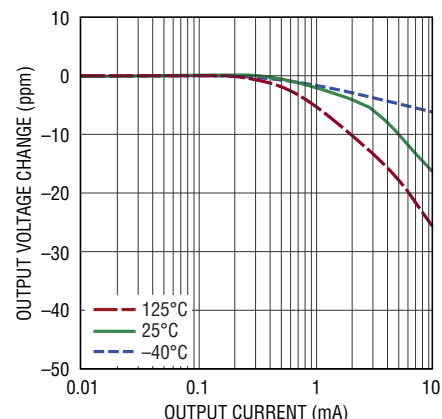
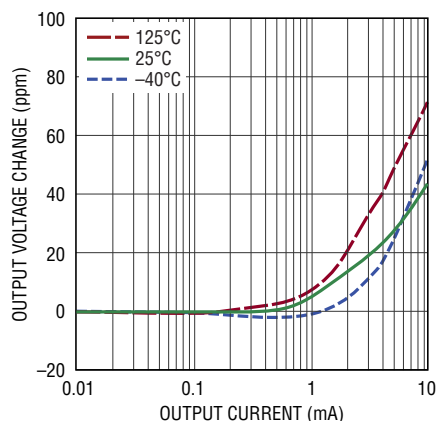
標準的性能特性

LTC6655のほとんどの電圧オプションで特性曲線は類似している。LTC6655-1.25、LTC6655-2.5およびLTC6655-5の曲線はリファレンス・ファミリ全体にわたる性能の範囲を表している。他の出力電圧オプションの特性曲線はこれらの曲線の間に位置し、それらの出力電圧に基づいて推定することができる。

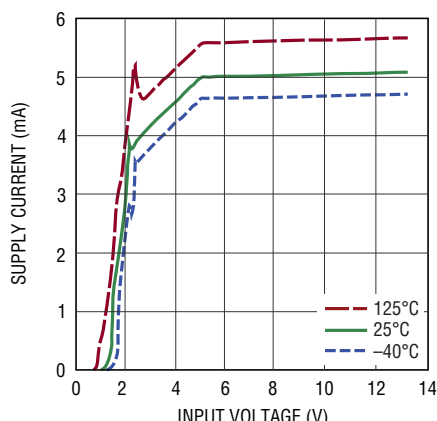
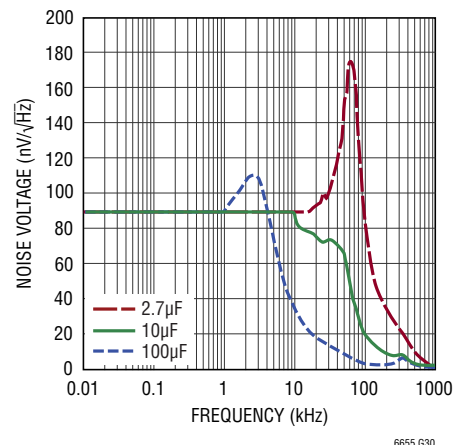
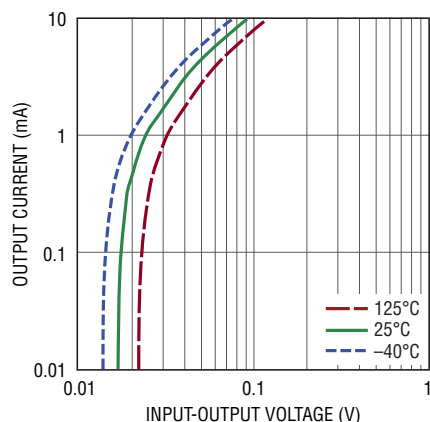
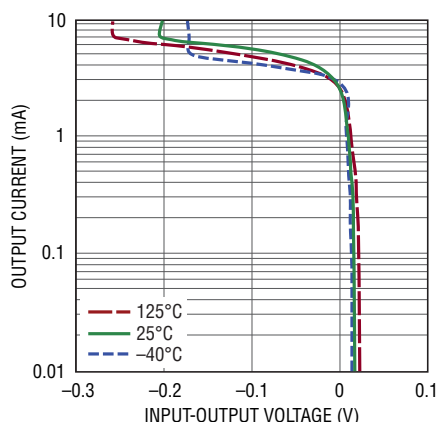
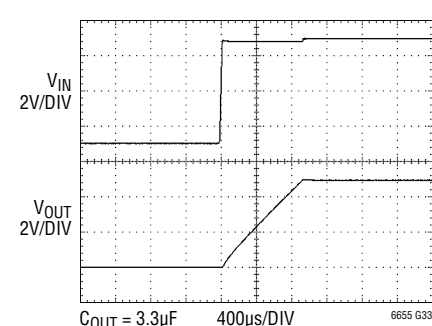
5Vでの低周波数0.1Hz~10Hzノイズ



5Vでの出力電圧の温度ドリフト

5Vでの負荷レギュレーション
(電流をソース)5Vでの負荷レギュレーション
(電流をシンク)

5Vでの消費電流と入力電圧

5Vでの出力電圧ノイズの
スペクトル5Vでの最小 $V_{IN}-V_{OUT}$ 電圧差
(電流をソース)5Vでの最小 $V_{IN}-V_{OUT}$ 電圧
(電流をシンク)5Vでの起動応答
(3.3μF出力コンデンサ使用)

ピン機能

SHDN (ピン1): シャットダウン入力。このアクティブ“L”の入力はデバイスを20μA未満にパワーダウンします。オープンのままにしておくと、内部プルアップ抵抗により、デバイスは通常動作になります。通常動作時に最良の性能を得るため、このピンを外部で“H”に接続することを推奨します。

V_{IN} (ピン2): 電源。0.1μF以上のコンデンサを使ってGNDにバイパスします。

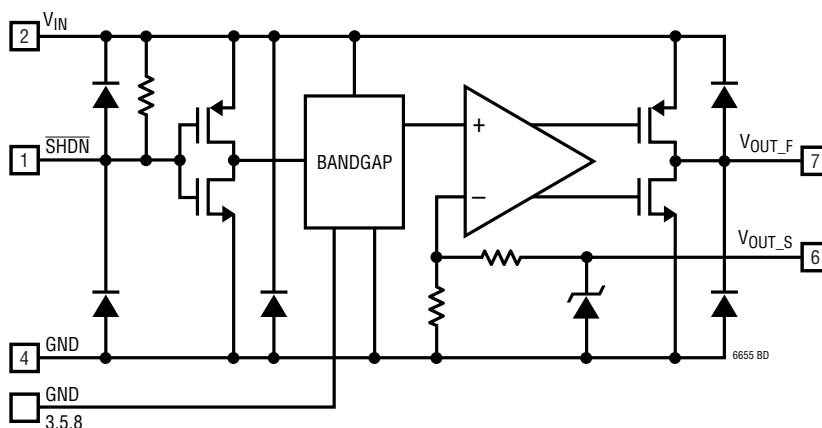
GND (ピン4): デバイスのグラウンド。このピンはメイン・グラウンドで、ノイズのないグラウンド・プレーンに接続する必要があります。

V_{OUT_S} (ピン6): V_{OUT}検出ピン。このピンを負荷に接続し、広いメタルトレースで配線して、負荷レギュレーションの誤差を最小に抑えます。このピンは2mAをシンクします。出力誤差は、負荷電流に関係なく $R_{TRACE} \cdot 2\text{mA}$ です。<100μAの負荷電流では、V_{OUT_F}ピンに直接接続します。

V_{OUT_F} (ピン7): V_{OUT}強制ピン。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。2.7μF~100μFの出力コンデンサが必要です。

GND (ピン3、5、8): 内部機能。これらのピンを接地します。

ブロック図



アプリケーション情報

バイパス・コンデンサと負荷コンデンサ

LTC6655電圧リファレンスは、電源除去を改善するため、デバイスの近くに配置した0.1μF以上の入力コンデンサを必要とします。値が2.7μF～100μFの出力コンデンサも必要です。

出力コンデンサは、安定性、ターンオン時間およびセトリング特性に直接影響を与えます。低ESRのコンデンサを選択して安定性を確実にします。出力コンデンサに直列な抵抗 (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。2.7μF～100μFの範囲には、スルーホールや表面実装型の部品としてすぐ利用できるいくつかのタイプのコンデンサが含まれます。ESRを0.1Ω以下に保つことを推奨します。容量とESRは両方と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。動作を安定させるには、出力コンデンサが100kHzで必要な値を保つようにします。

最良の性能を実現するには、コンデンサの選択に注意を払います。X7Rのセラミック・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示すおそれがあるので、低ノイズ・アプリケーションには適さないことがあります。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、その結果生じる乱れによるノイズがリファレンスによって生じるものと誤解されることがあります。X7Rコンデンサが必要なら、十分なベンチ評価を行って適切な性能があることを検証します。

ナノボルトのレベルが問題になる非常に低ノイズのアプリケーションでは、ノイズが低く圧電効果のないフィルムコンデンサを検討します。ポリエステル、ポリエチレン、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。ポリスチレンとポリプロピレンの温度の上限は85°C～105°Cなので、特に注意する必要があります。これらの温度を超えると、メーカーの仕様に従って、動作電圧をデイレートングする必要があります。別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。これらのデバイスは広い温度範囲で動作し、安定であり、容量値が大きく1μFを超えます。一般に、フィルムコンデンサは表面実装パッケージやリード付きパッケージで供給されます。コンデンサ・メーカーの一部および提供されている製品の一部を表1に示します。

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。ポリエステル・コンデンサを定格温度 (コンデンサによっては定格温度が85°Cしかない場合があります) より上で動作させる必要があれば、デイレートングする必要があります。電圧のデイレートングは定格電圧リミットに対する印加された電圧の比として通常達成されます。寿命とデイレートングを正確に求めるには、個別にフィルムコンデンサ・メーカーにお問い合わせください。

X7Rコンデンサの寿命は、特にリファレンス・アプリケーションでは、長くなります。コンデンサの寿命は、定格電圧の近くで、またはそれを超えて、高い温度で、またはACリップルを伴って、あるいはこれらが組み合わさって、動作させると短くなります。ほとんどのリファレンス・アプリケーションでは、過渡現象の間だけACリップルが現れます。

表1. フィルムコンデンサ・メーカー

COMPANY	DIELECTRIC	AVAILABLE CAPACITANCE	TEMPERATURE RANGE	TYPE
Cornell Dublier	Polyester	0.5μF to 10μF	-55°C to 125°C	DME
Dearborn Electronics	Polyester	0.1μF to 12μF	-55°C to 125°C	218P, 430P, 431P, 442P, and 410P
Tecate	Polyester	0.01μF to 18μF	-40°C to 105°C	901, 914, and 914D
Wima	Polyester	10μF to 22μF	-55°C to 100°C	MKS 4, MKS 2-XL
Vishay	Polyester	1000pF to 15μF	-55°C to 125°C	MKT1820
Vishay	Polycarbonate	0.01μF to 10μF	-55°C to 100°C	MKC1862, 632P
Dearborn Electronics	Polyphenylene Sulfide (PPS)	0.01μF to 15μF	-55°C to 125°C	820P, 832P, 842P, 860P, and 880P
Wima	Polyphenylene Sulfide (PPS)	0.01μF to 6.8μF	-55°C to 140°C	SMD-PPS

アプリケーション情報

出力コンデンサの選択はリファレンス回路の帯域幅およびそれに伴うノイズ・ピーキングにも影響を与えます。図1に示されているように、帯域幅は出力コンデンサの値に反比例します。

ノイズ・ピーキングは出力バッファの位相マージンに関係します。高いピーキングは一般に低い位相マージンを表しています。ノイズ・ピーキングに影響を与える他の要因は、温度、入力電圧、および出力負荷電流です。

起動および負荷過渡応答

以下の過渡応答のプロットの結果(図3～図8)は、注記がない限り、図2に示されているテスト回路を使って得られました。

ターンオン時間はスルーレートが制限され、以下の式に示されるように、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。

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

例えば、3.3μFの出力コンデンサを使用し、標準短絡電流が20mAのLTC6655-2.5の起動時間はおおよそ以下のようになります。

$$2.5V \cdot \frac{3.3 \cdot 10^{-6}F}{0.02A} = 412\mu s$$

結果として得られたターンオン時間を図3に示します。ここで、出力コンデンサは3.3μF、入力コンデンサは0.1μFです。

V_{IN}の500mVのステップに対する出力応答を図4に示します。ソースおよびシンクの電流ステップに対する出力応答をそれぞれ図5と図6に示します。

電流がソースからシンクに移行するときの出力応答を図7に示します。

シャットダウン・モード

LTC6655ファミリのリファレンスはSHDNピンをグランドに接続するとシャットダウンすることができます。このピンには内部プルアップ抵抗が接続されています。未接続のままにすると、このピンはV_{IN}に上昇し、デバイスはイネーブルされます。内部プルアップ電流が低いため、通常動作ではSHDNピンを外部で“H”に引き上げて、システムノイズやリーク電流による偶発的シャットダウンを防ぐことを推奨します。シャットダウンによるターンオン/ターンオフ応答を図8に示します。

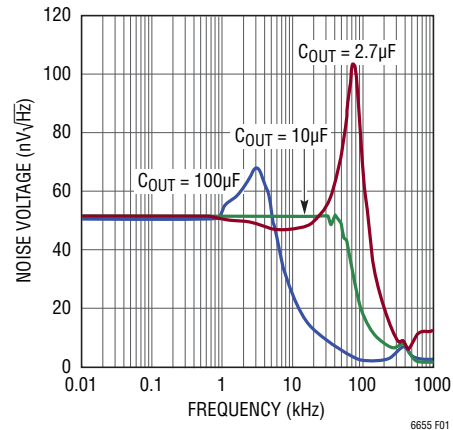


図1. 出力電圧ノイズ・スペクトル

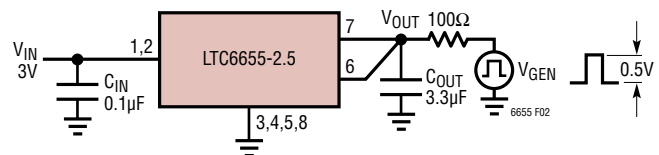


図2. 過渡負荷のテスト回路

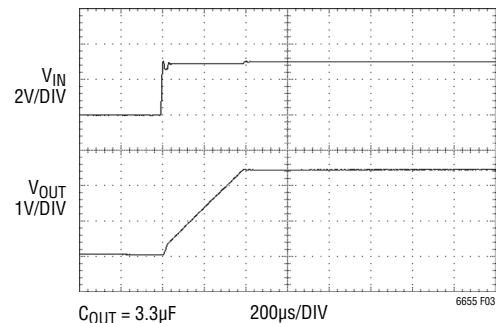


図3. 起動応答

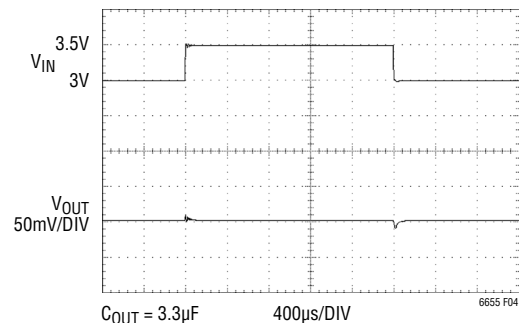


図4. V_{IN}の500mVステップに対する出力応答

アプリケーション情報

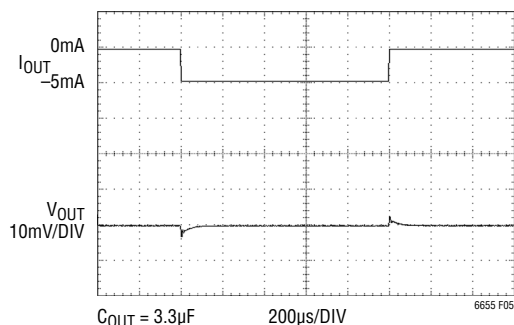


図5. 5mAソース電流負荷ステップに対する出力応答

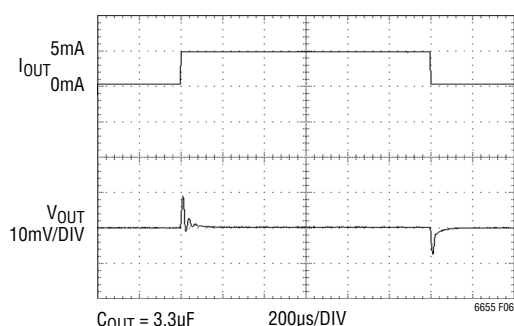


図6. 5mAシンク電流負荷ステップに対する出力応答

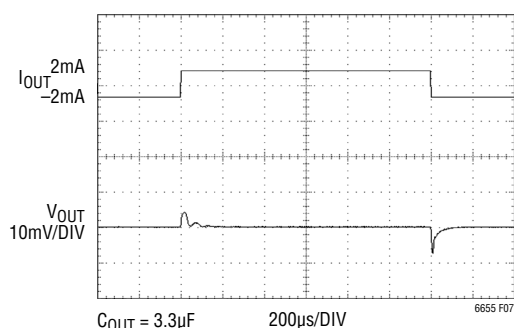


図7. シンクからソースへの移行を示す出力応答

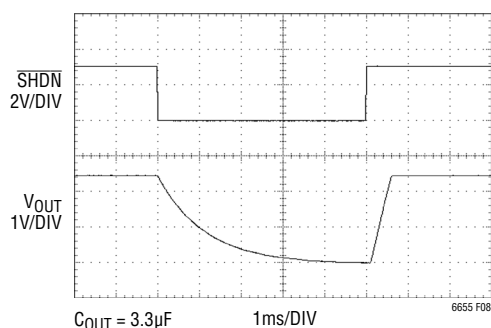


図8. 5mAソース電流負荷のシャットダウン応答

低電圧源からシャットダウンを制御するため、図9に示されているように、MOSFETがプルダウンとして機能します。外部抵抗は不要であることに注意してください。全動作温度範囲でドレインからソースへのリーク電流が低いMOSFETを選択して、SHDNピンの偶発的なプルダウンを防ぎます。SHDNからV_{IN}に抵抗を追加して、MOSFETの過度のリーク電流を無効にすることができます。

「標準的性能特性」のセクションに示されているように、SHDNスレッショルドはV_{IN}と温度にいくらか依存します。両スレッショルドの間の電圧にSHDNを放置するとシュートスルー電流によって消費電流が増加するので、そうしないでください。

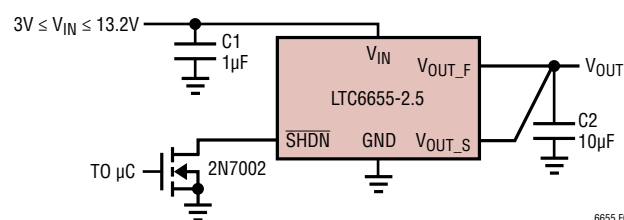


図9. オープン・ドレインのシャットダウン回路

長期ドリフト

長期ドリフトは高温加速試験を基にして外挿することはできません。この誤った手法は極端に楽観的なドリフト値を与えます。長期ドリフトを決定できる唯一の方法は、知りたい期間の全体にわたって測定することです。

LTC6655の長期ドリフトのデータは、「現実世界」のアプリケーションと同様のPC基板に半田付けされた80個のデバイスについて集められました。次に基板をT_A = 35°Cの恒温室に置き、出力を定期的にスキャンして8.5桁のDVMで測定しました。標準的な長期ドリフトを図10aに示します。ハーメチックLS8パッケージは、図10bに示すように、より優れた安定性を示します。

アプリケーション情報

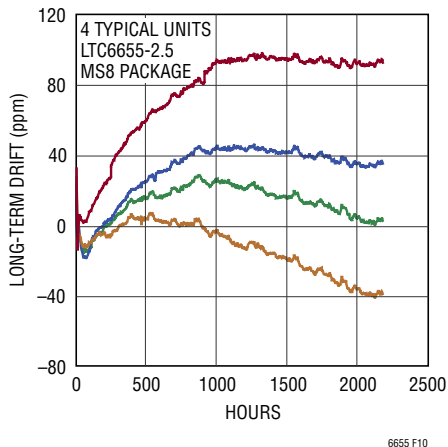


図10a. 長期ドリフトMS8

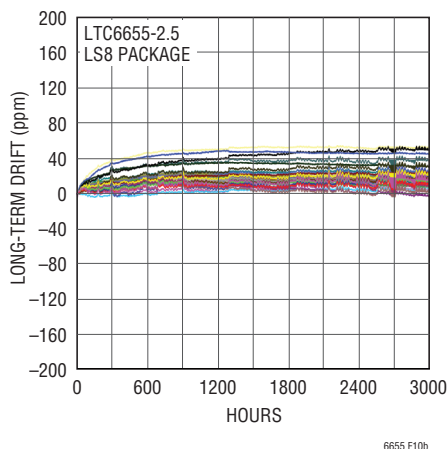


図10b. 長期ドリフトLS8

ヒステリシス

熱ヒステリシスは、温度サイクルの結果、出力がどれだけ変化するかの指標です。LTC6655-2.5に関して得られたデータを図11に示します。独自の設計手法により、熱ヒステリシスが最小に抑えられます。

湿度感受性

プラスチック・モールド剤は湿気を吸収します。相対湿度が変化すると、プラスチック・パッケージ素材がダイの内側に与える圧力の大きさが変わります。これにより、電圧リファレンスの出力がわずかに変化する（通常、100ppm程度）可能性があります。LS8パッケージはハーメチック・タイプなので、湿度による影響を受けません。したがって、湿度が問題になる可能性がある環境でより安定します。しかし、PCボードの材質が水分を吸収し、LTC6655LS8に機械的ストレスを加える恐れがあるの

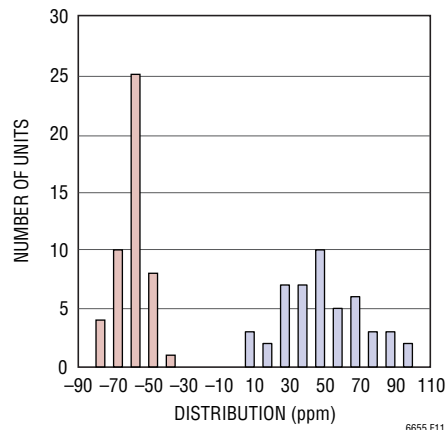


図11. -40°C～125°Cのヒステリシスのプロット

で、適切なボード材質を選び、レイアウトを適切に行う必要があります。

最高の安定性を得るには、PC基板レイアウトが非常に重要です。PC基板の温度変化や配置、ならびに経時変化により、基板に半田付けされた部品に加わる機械的ストレスが変化する可能性があります。FR4やこれと同等の素材も、水分を吸収することによって基板を膨張させます。基板のコーティングやポッティングを基準に適合させたとしても、この影響を除去できるとは限りませんが、吸収速度を遅くすることにより、膨張を遅らせることは可能です。

最高の安定性を得るには、電圧リファレンスIC直下のパワー・プレーンとグランド・プレーンを除去します。PC基板上でLTC6655の3つの辺に施されたタブ状の切れ目を図12aに示します。この切れ目は、「アプリケーションノート82」に記載されているように、ICへのストレスを大幅に低減します。対ストレス性能をさらに改善するために、PC基板上で4つの辺すべてに施したスロット状の切れ目を図12bに示します。スロットはできるだけ長くし、4隅はトレースの配線に対応できるだけ十分大きく取ります。このように設計されたPC基板では、約60%の相対湿度の変化に対する湿度感度を35ppm未満に低減可能なが分かっています。基板の中心近くにリファレンスを実装し、4つの辺に切れ目を入れると、湿度感度を10ppm未満に低減できます。

PC基板に切れ目を入れるその他の利点は、LTC6655が周囲の回路から熱的に絶縁されることです。これにより、熱電対効果の抑制が精度が改善します。

アプリケーション情報

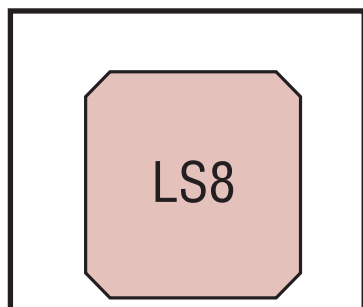


図12a. PC基板の3辺のタブ状の切れ目

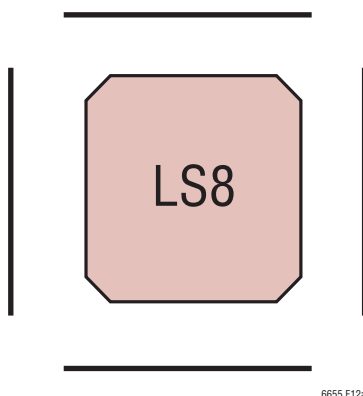


図12b. PC基板の4辺の切れ目

電力損失

LTC6655の電力損失は V_{IN} と負荷電流に依存します。室温で無負荷と5mA負荷の条件でのLTC6655-2.5の消費電力と V_{IN} を図13に示します。他の電圧オプションも同様の特性を示します。

MSOP8パッケージの熱抵抗(θ_{JA})は約300°C/Wです。最大負荷条件では、ダイ温度の上昇は35°Cを超えます。125°Cの周囲

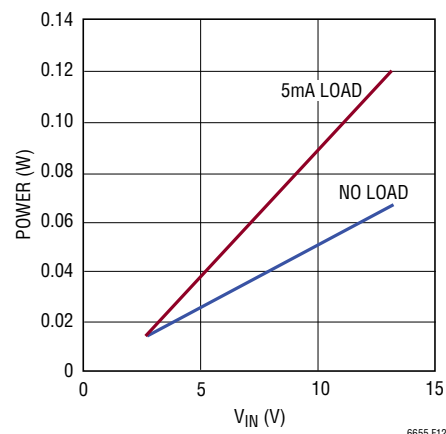


図13. LTC6655-2.5の消費電力

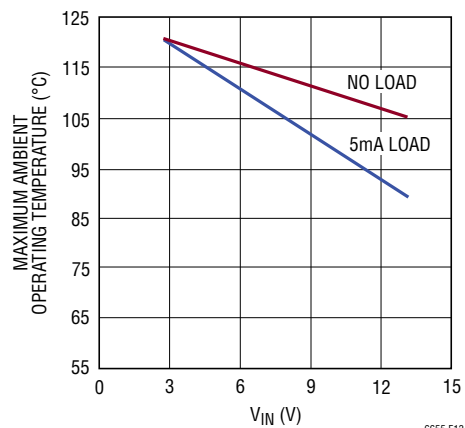


図14. LTC6655-2.5の最大周囲動作温度

温度でこれらの条件で動作させると、デバイスの絶対最大接合部温度定格を超えます。最大接合部温度は150°Cですが、最良の性能を得るには、125°Cの接合部温度を超えないようにします。125°Cの最大接合部温度を使った、異なる V_{IN} と負荷条件に対して推奨される最大周囲温度リミットを図14のプロットで示します。

アプリケーション情報

PCボードのレイアウト

LTC6655リファレンスは精密デバイスであり、「標準的性能特性」のセクションに示されているように、製造時に $\pm 0.025\%$ の初期精度にトリミングされます。プリント回路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、出力電圧がシフトし、温度係数が変化することがあります。

応力に関連したシフトの影響を減らすため、プリント回路基板の短辺の縁近くまたはコーナーにリファレンスを実装します。さらに、デバイスの両側で基板に切れ目を入れ、機械的応力を減らすことができます。厚く小さな基板ほど剛性があり、曲げの影響を受けにくくなります。最後に、基板に実装するとき、フレキシブル・スタンドオフなどの応力緩和機構を使います。

別の注意点として、半田接合部がクリーンで基板にフラックスがなく、リーク経路が存在しないことを確認します。PCBのレイアウト例を図15に示します。

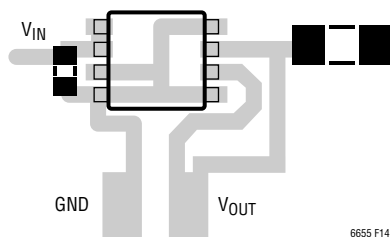


図15. PCBレイアウトの例

負荷レギュレーション

V_{OUT} ケルビン印加/検出ピンの利点を活かすには、図16に示されているように、 V_{OUT_F} ピンと V_{OUT_S} ピンを別々に接続します。

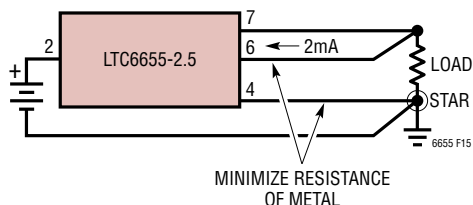


図16. 良い負荷レギュレーションのためのケルビン接続

V_{OUT_S} ピンは2mAをシンクしますが、これはケルビン接続としては通常と異なります。ただし、これは並外れた低ノイズ性能を達成するために必要です。 V_{OUT_S} ラインの $I \cdot R$ 電圧降下は負荷レギュレーションに直接影響します。 V_{OUT_S} トレースはできるだけ短く、幅を広くして直列抵抗を最小に抑えます。 V_{OUT_S} のトレースは $R_{TRACE} \cdot 2mA$ の誤差を追加するので、 0.1Ω のトレースでは $200\mu V$ の誤差が追加されます。これに関しては、 V_{OUT_F} ピンは V_{OUT_S} ほど重要ではありません。 V_{OUT_F} ピンの $I \cdot R$ 電圧降下は、電流をソースするとき最小電源電圧を増加させますが、負荷レギュレーションに直接影響することはありません。出力負荷が軽い場合(最大出力電流 $< 100\mu A$)、できるだけ短い経路で V_{OUT_S} を V_{OUT_F} に接続し、検出トレースの抵抗によって生じる誤差を減らします。

接地に注意を払うことも、特に電流をソースするとき重要です。リターン負荷電流が $I \cdot R$ 電圧降下を発生し、負荷レギュレーションが低下することがあります。スター・グラウンド接続を使ってグラウンドから負荷への金属抵抗を最小に抑えます。グラウンドに接続する必要のあるいくつかのピンがありますが、ピン4がリターン電流の実際のグラウンドです。

最適ノイズ性能

LTC6655はバンドギャップ・リファレンスとしては並外れた低ノイズです($0.1Hz \sim 10Hz$ でわずか $0.25ppm$)。その結果、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支配されるでしょう。

可能な最良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ボード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。不均一なエアフローによって生じる熱抵抗の変動はリードの温度差を生じ、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。エアフローを最小に抑え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。リニアテクノロジーの「アプリケーションノート82」に追加の情報が収められています。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。LTC6655のDC PSRRは100dBを超えますが、電源はできるだけ安定させて、最適性能を保証します。 $0.1Hz \sim 10Hz$ 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。極端に低ノイズの動作を実現するには、「標準的

アプリケーション情報

応用例」のセクションに示されているように、複数のLTC6655を並列に配置します。この技法により、ノイズは \sqrt{N} だけ減少します。ここで、Nは並列接続されたLTC6655の個数です。

ノイズ仕様

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、RMS値のように、その統計データを使用するのが最も正確です。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）。広帯域ノイズとは異なり、一般に0.1Hzから10Hzの帯域で指定される低周波ノイズは、従来、ピーク・トゥ・ピーク誤差の形で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秒以上のタイムフレームを持つオシロスコープで測定します。低周波域ではフリッカノイズがスペクトル密度を支配するため、ノイズを正確に測定するのは一般に困難であり、またノイズの統計的特性に関して一致を見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秒間隔のランダム・サンプリングは低周波域のノイズを表わ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の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、出力電圧は多くの時間間隔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。

電圧基準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、LTC6655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、少なくとも測定値の半分がこの数値よりも小さいピーク・トゥ・ピーク値でなければならないことを示しています。たとえばLTC6655-2.5における測定値は、10秒間の測定値の少なくとも50%が0.25ppmp-p未満です。

以上に述べたように、ノイズの統計的分布は、より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、より短い間隔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。ノイズに起因する最大誤差は、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、非常に長時間に出力電圧を測定した場合にのみ測定されます。したがってLTC6655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完全に記述することができます。ピーク・トゥ・ピーク電圧は、10秒間隔で数百回、測定されます。さらに、電子ピーク検出回路が各間隔における客観的な数値を保存します。次いで、測定ノイズが特定のレベルに満たない測定間隔の割合を基に結果がまとめられます。たとえば、LTC6655-2.5では、80%の測定間隔における測定値が0.27ppmp-p未満で、95%の測定間隔における測定値が0.295ppmp-pです。ノイズにおけるこの統計的変動を表2と図18に、テスト回路を図17に示します。

表2

	低周波ノイズ (ppmp-p)
50%	0.246
60%	0.252
70%	0.260
80%	0.268
90%	0.292

この低周波ノイズのテスト方法は、一般的な方法よりも優れており、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が得られます。さらに、出力電圧を時間に沿って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示すことができます。図19に示すように、低周波ノイズのスペクトル密度を測定することにより、さらに詳しい情報を得ることができます。



アプリケーション情報

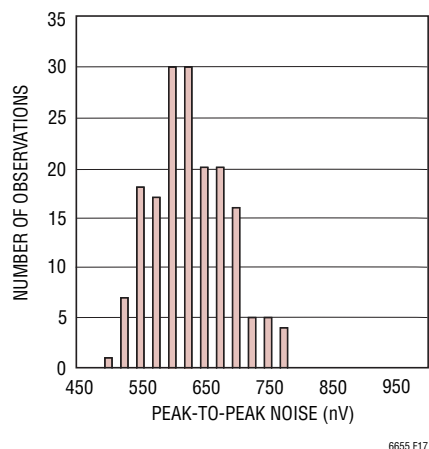


図18. LTC6655-2.5の低周波数ノイズのヒストグラム

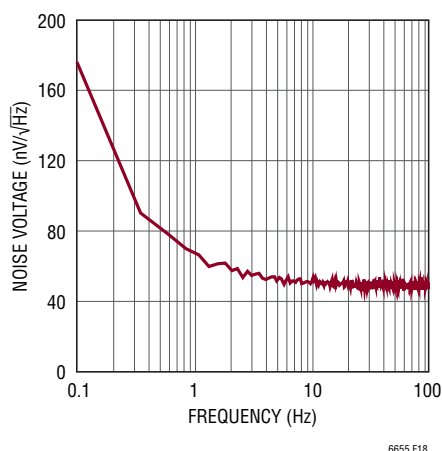


図19. LTC6655-2.5の低周波数ノイズのスペクトル

図19から、LTC6655は広帯域ノイズが小さいだけでなく、フリッカノイズ・コーナーも1Hzと非常に低い値である点に注意が必要です。これにより、低周波ノイズが大幅に減るとともに、ピークノイズの長期的な変動が少なくなります。

IRリフローによるシフト

デバイスの基板への半田付けによる機械的応力は出力電圧をシフトさせることがあります。さらに、IRリフローや対流式半田オープンの熱も出力電圧をシフトさせることがあります。半導体デバイスとそのパッケージを構成する素材の膨張率およ

び収縮率は異なります。デバイスは、図20に示されているような鉛フリーIRリフローのプロファイルの極端な熱に曝された後、出力電圧がシフトします。デバイスが熱によって膨張し、次いで収縮した後、ダイに対する応力の位置が変化しています。このシフトは熱ヒステリシスに似ていますが、もっと極端です。

IRリフローによるシフトの実験結果を下の図21に示します。これらの結果は、機械的応力ではなくリフローによるシフトだけを示しています。

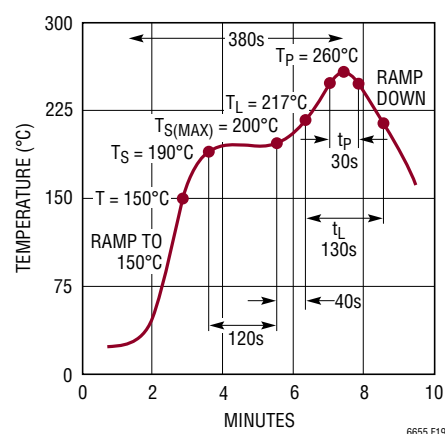


図20. 鉛フリーのリフロー・プロファイル

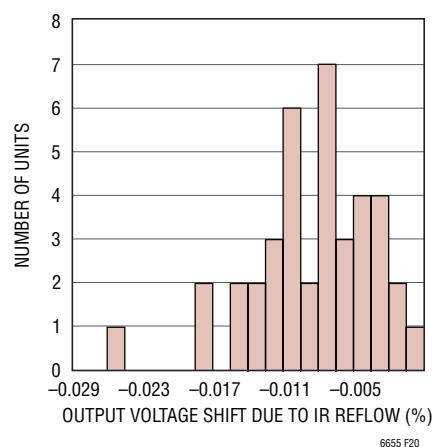
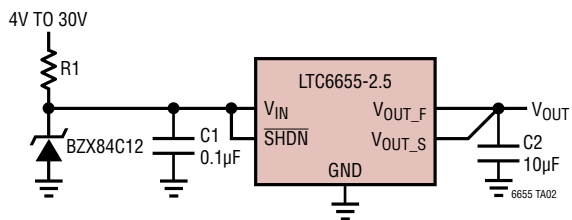


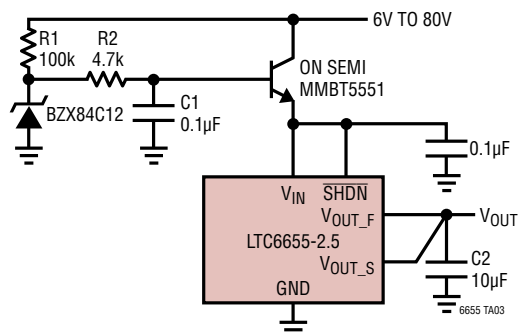
図21. IRリフローによる出力電圧のシフト

標準的応用例

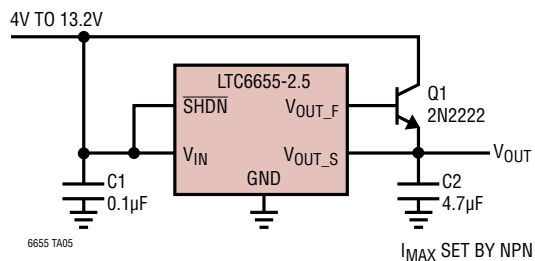
電源範囲を広げたりファレンス



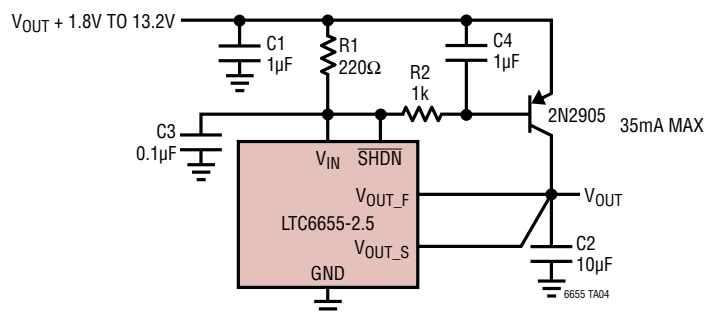
電源範囲を広げたりファレンス



出力電流の増強

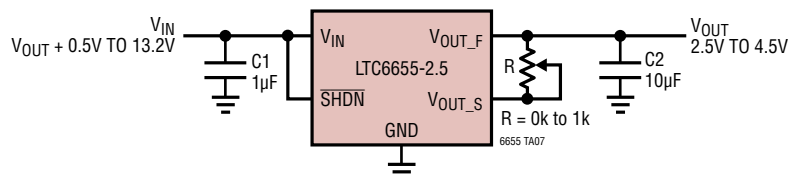


出力電流の増強



標準的応用例

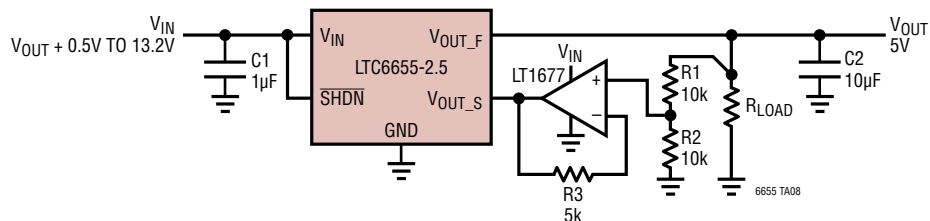
出力の昇圧



$V_{OUT} = \text{VOLTAGE OPTION} + 0.002 \cdot R$
THIS EXAMPLE USES 2.5V AS THE
VOLTAGE OPTION

FOR R USE A POTENTIOMETER THAT
CAN HANDLE 2mA, IS LOW NOISE AND
HAS A LOW TEMPERATURE COEFFICIENT

低ノイズ高精度昇圧回路

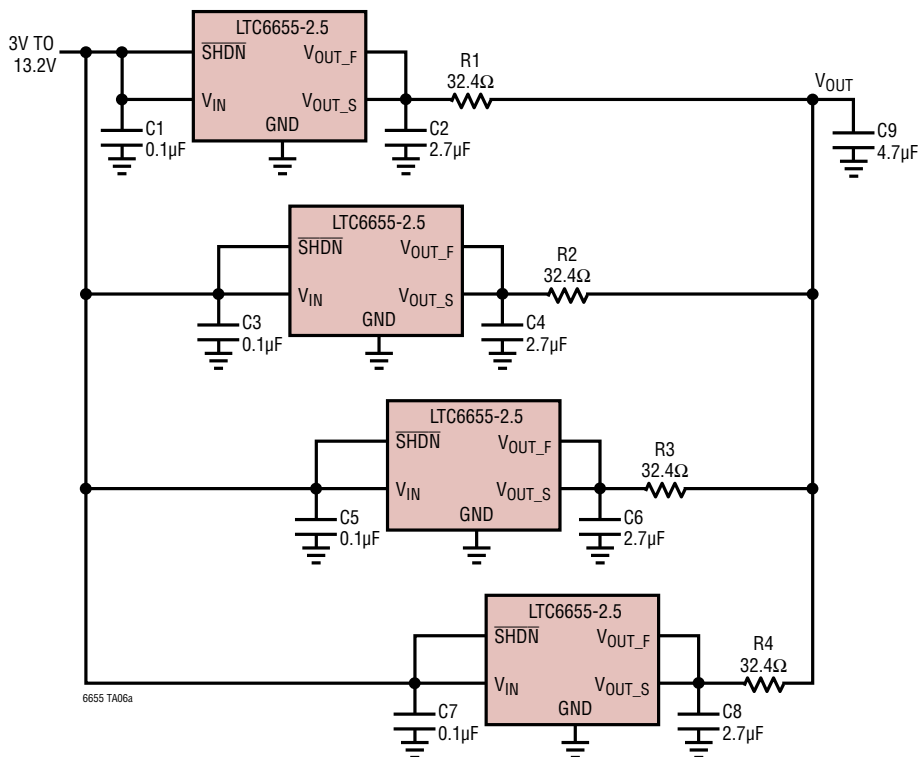


$V_{OUT} = \text{VOLTAGE OPTION} \cdot (1 + R1/R2)$
THIS EXAMPLE USES 2.5V AS THE
VOLTAGE OPTION

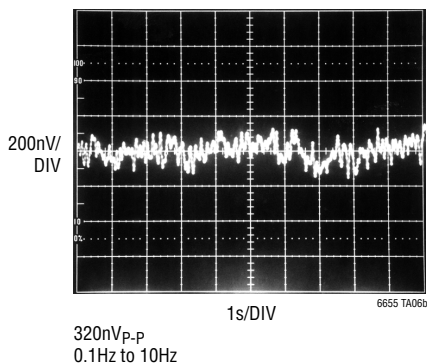
FOR R1, R2 AND R3 USE LT5400-1.
WITH A PRECISION ARRAY THE
MATCHING AND LOW TC WILL HELP
PRESERVE LOW DRIFT. $R3 = R1 \parallel R2$
R3 IS MADE WITH TWO PRALLEL 10k
RESISTORS, AVAILABLE IN THE
LT5400-1

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。
 $e'_N = e_N/\sqrt{N}$; ここで、Nは並列接続したLTC6655の個数



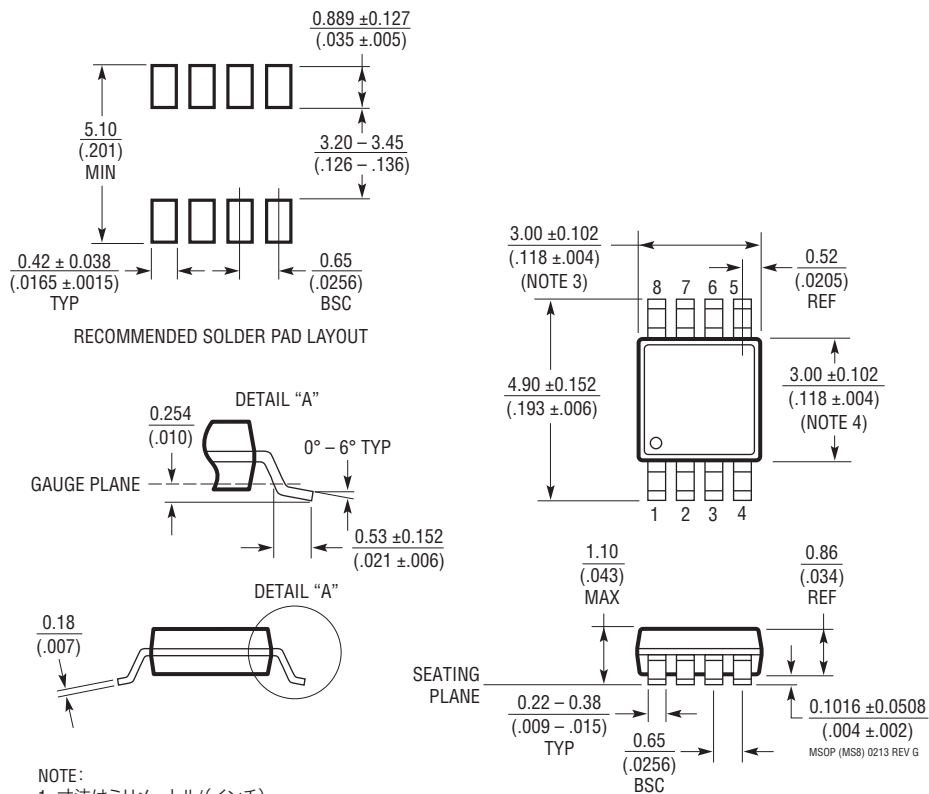
並列接続した4個のLTC6655-2.5の
低周波数ノイズ (0.1Hz~10Hz)



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/>をご覧ください。

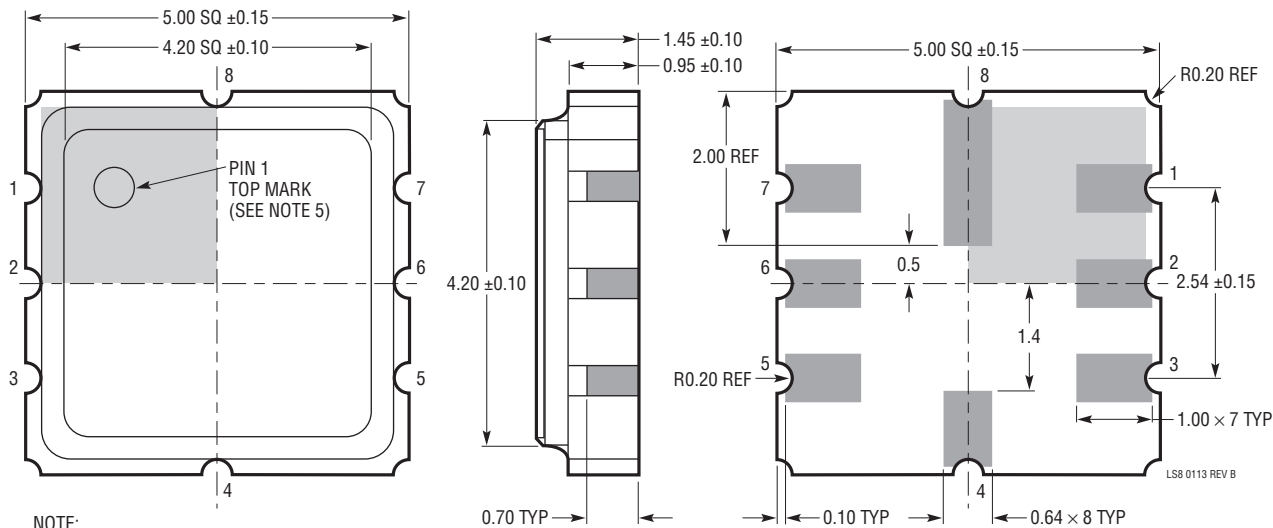
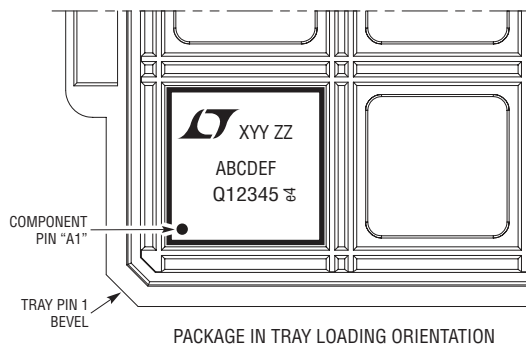
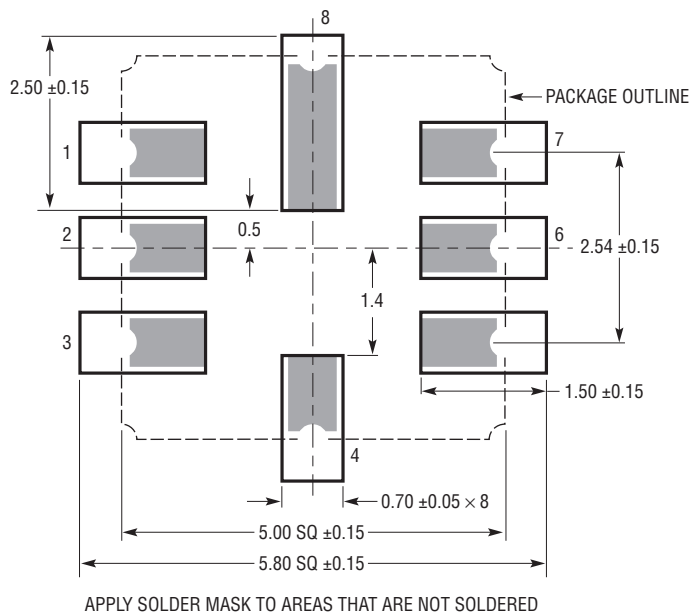
MS8 Package
8-Lead Plastic MSOP
 (Reference LTC DWG # 05-08-1660 Rev G)



NOTE:

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（成形後のリードの底面）は最大0.102mm (0.004")であること

LS8 Package
8-Pin Leadless Chip Carrier (5mm × 5mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1852 Rev B)



NOTE: 0.70 TYP → | ←

1. 全ての寸法はミリメートル
2. 図は実寸とは異なる
3. パッケージの寸法にはモールドのバリを含まない
モールドのバリは(もしあれば)各サイドで 0.30mm を超えないこと
4. 電気ニッケル・メッキは最小 1.25UM、電気金メッキは最小 0.30UM
5. 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン 1 の位置の参考に過ぎない

改訂履歴

Rev	日付	概要	ページ番号
A	2/10	電圧オプション(1.250、2.048、3.000、3.300、4.096、5.000)を追加、データシート全体に反映	1~22
B	12/12	5mm×5mmハーメチックLS8パッケージを追加 LS8パッケージを含むための電気的特性の更新 LS8パッケージの長期ドリフトとヒステリシスのプロットの追加 湿度感受性の情報の追加 関連製品の追加	1、2、3、12、22 3、4 13 13 22
C	6/13	T _{JMAX} を125°Cから150°Cに変更 LS8パッケージに5Vオプションを追加 「湿度感受性」の説明を追加	2 3、4 14、15
D	1/14	LS8パッケージに4.096Vオプションを追加 Line Regulationの条件をSHDN = 2Vに変更 PC基板レイアウトのガイダンスを更新 図17の9Vバッテリーの極性を修正 図10、12、18のタイトルを更新 低ノイズ高精度昇圧回路の注記を更新	3、4 4 14 18 14、15、19 21
E	9/14	LS8-4.096の製品マーキングを修正	3

