

SOT-23パッケージ レール・トゥ・レール・バッファ・アンプ搭載の マイクロパワー400mVリファレンス

特長

- 低消費電流: 5.6 μ A(標準)
- 広い電源電圧範囲: 1.4V~18V
- 5V時に全温度範囲にわたり $\pm 1\%$ の最大精度を達成する400mVリファレンス
- レール・トゥ・レール・バッファ・アンプ
- 5V時に最大初期精度0.5%の400mVリファレンス
- シャント構成可能
- 電流をシンクおよびソース
- 広い動作温度範囲: $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$
- 外部調整可能な出力電圧
- 高さの低い(1mm)5ピンSOT-23(ThinSOT™)パッケージ

アプリケーション

- バッテリー駆動システム
- ハンドヘルド機器
- 産業用制御システム
- データ収集システム
- 負電圧リファレンス

概要

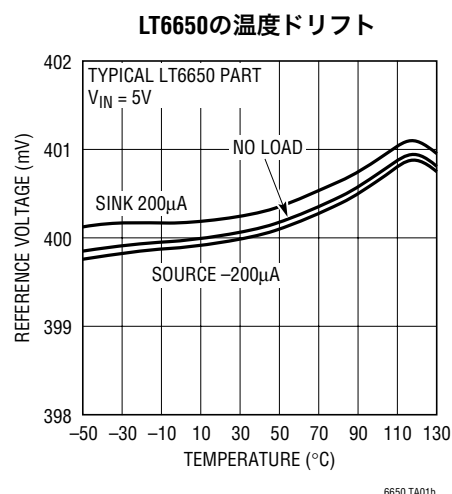
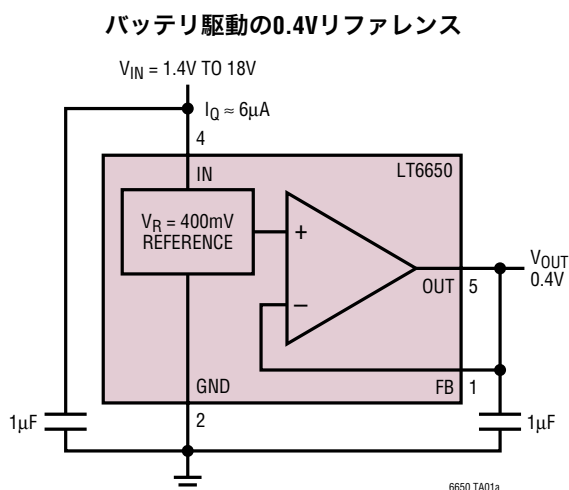
LT[®]6650はマイクロパワー、低電圧400mVリファレンスです。1.4V~18Vの電源で動作し、消費電流が標準でわずか5.6 μ Aなので、低電圧システムやハンドヘルド機器、産業用制御システムに最適です。2本の抵抗を使用するだけで、内蔵のバッファ・アンプによって400mVリファレンスを電源電圧まで所要の値にスケールすることができます。

リファレンスは出力精度を向上させるためパッケージング後に調整されています。出力は全温度範囲で200 μ Aをシンクおよびソース可能です。消費電力は28 μ Wです。1 μ F以上の出力コンデンサで安定することが保証されています。

LT6650は、5ピンSOT-23パッケージで供給される最も低電圧のシリーズ・リファレンスです。

LT、LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。
ThinSOTはリニアテクノロジー社の商標です。
他のすべ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



LT6650

絶対最大定格

(Note 1)

全電源電圧 (V_{IN} からGND)	20V
FBの電圧 (Note 2).....	20V~(GND - 0.3V)
出力電圧 (OUT).....	20V~(GND - 0.3V)
出力短絡時間.....	無期限
FB入力電流.....	10mA
動作温度範囲.....	-40°C~125°C
規定温度範囲	
LT6650CS5	0°C~70°C
LT6650IS5	-40°C~85°C
LT6650HS5 (Note 3)	-40°C~125°C
最大接合部温度.....	150°C
保存温度範囲 (Note 4).....	-65°C~150°C
リード温度 (半田付け、10秒).....	300°C

パッケージ/発注情報

TOP VIEW

S5 PACKAGE
5-LEAD PLASTIC TSOT-23

*Do Not Connect $T_{JMAX} = 150^{\circ}C, \theta_{JA} = 230^{\circ}C/W$

ORDER PART NUMBER	S5 PART MARKING
LT6650CS5	LBDV
LT6650IS5	LBDV
LT6650HS5	LBDV

Order Options Tape and Reel: Add #TR
 Lead Free: Add #PBF Lead Free Tape and Reel: Add #TRPBF
 Lead Free Part Marking: <http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/>

温度等級は出荷時のコンテナのラベルで識別されます。
 より広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社へお問い合わせください。

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 $T_A = 25^{\circ}C$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = 5V$ 、 $C_{IN} = 1\mu F$ 、 $FB = OUT$ 、DC負荷なし、 $C_L = 1\mu F$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{OUT}	Output Voltage (Notes 4, 5)	LT6650	398	400	402	mV
			-0.5		0.5	%
		LT6650CS5	● 397	400	403	mV
			● -0.75		0.75	%
		LT6650IS5	● 396	400	404	mV
	● -1		1	%		
	LT6650HS5	● 394	400	406	mV	
		● -1.5		1.5	%	
V_{IN}	Operating Input Voltage		1.4		18	V
$\Delta V_{OUT}/\Delta V_{IN}$	Line Regulation	$1.4V \leq V_{IN} \leq 18V$		1	6	mV
				150	900	ppm/V
		LT6650CS5, LT6650IS5	●		7.5	mV
			●		1130	ppm/V
		LT6650HS5	●		8.5	mV
		●		1280	ppm/V	
$\Delta V_{OUT}/\Delta I_{OUT}$	Load Regulation (Note 6)	Sourcing from 0 μA to -200 μA		-0.04	-0.2	mV
				500	2500	ppm/mA
					-0.4	mV
		Sinking from 0 μA to 200 μA			5000	ppm/mA
				0.24	1	mV
				3000	12500	ppm/mA
			2	mV		
			20000	ppm/mA		

6650fa

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、 $V_{IN} = 5\text{V}$ 、 $C_{IN} = 1\mu\text{F}$ 、 $\text{FB} = \text{OUT}$ 、DC負荷なし、 $C_L = 1\mu\text{F}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
T_C	Output Voltage Temperature Coefficient (Note 10)		●	30		ppm/ $^\circ\text{C}$
ΔV_{DO}	Dropout Voltage (Note 7)	Referred to $V_{IN} = 1.8\text{V}$, $V_{OUT} = 1.4\text{V}$ ($R_F = 100\text{k}$, $R_G = 39.2\text{k}$) $\Delta V_{OUT} = -0.1\%$, $I_{OUT} = 0\mu\text{A}$	●	75	100	mV
		$\Delta V_{OUT} = -0.1\%$, $I_{OUT} = -200\mu\text{A}$ Sourcing	●	165	250	mV
		$\Delta V_{OUT} = -0.1\%$, $I_{OUT} = 200\mu\text{A}$ Sinking (Note 11)	●	-300	-150	mV
			●		0	mV
I_{SC}	Short-Circuit Output Current	V_{OUT} Shorted to GND		5		mA
		V_{OUT} Shorted to V_{IN}		9		mA
I_{IN}	Supply Current		●	5.6	11	μA
		$V_{IN} = 18\text{V}$	●	5.9	12	μA
I_{FB}	FB Pin Input Current	$V_{FB} = V_{OUT} = 400\text{mV}$		1.2	10	nA
		LT6650CS5, LT6650IS5	●		15	nA
		LT6650HS5	●		30	nA
T_{ON}	Turn-On Time	$C_{LOAD} = 1\mu\text{F}$		0.5		ms
e_n	Output Noise (Note 8)	$0.1\text{Hz} \leq f \leq 10\text{Hz}$		20		μV_{P-P}
		$10\text{Hz} \leq f \leq 1\text{kHz}$, $I_{OUT} = -200\mu\text{A}$ Sourcing		23		μV_{RMS}
V_{HYS}	Hysteresis (Note 9)	$\Delta T = 0^\circ\text{C}$ to 70°C	●	0.1		mV
			●	250		ppm
		$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ to 85°C	●	0.24		mV
			●	600		ppm

Note 1: 絶対最大定格はそれを超えるとデバイスの寿命に影響を及ぼす値。

Note 2: FBピンはグラウンドに接続されたESDダイオードによって保護されている。FB入力電圧がグラウンドより下に下がり-0.3Vを超える場合、FB入力電流は10mA未満に制限する。FB入力電圧が5Vより大きいと、FB入力電流は「標準的性能特性」の規定性能を満たすと期待できるが、この電圧ではテストされず、QAサンプリングもおこなわれない。

Note 3: デバイスが 85°C より高い温度で動作する場合、 $10\mu\text{F}$ より大きな出力コンデンサまたは時定数が $100\mu\text{s}$ に相当する直列RCの組合せを使って、安定性のマージンを改善することを推奨する。詳細については「アプリケーション情報」のセクションを参照。

Note 4: 規定温度範囲外で保存されている場合、ヒステリシスにより出力電圧がシフトすることがある。

Note 5: ESD(静電気放電)に敏感なデバイス。LT6650の内部にはESD保護デバイスが多く使われているが、高電圧の静電気によりデバイスが損なわれたり、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 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、パルスに基づいて測定される。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 7: ドロップアウト電圧は、 $V_{IN} = 1.8\text{V}$ で V_{OUT} がその公称値より0.1%下に低下するときの($V_{IN} - V_{OUT}$)である。

Note 8: ピーク・トゥ・ピーク・ノイズは、0.1Hzの単一ポール・ハイパス・フィルタおよび10Hzの2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除除するため、ユニットは静止空气中に密閉する。テスト時間は10秒。

Note 9: 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高温か低温かによってパッケージ・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順次 85°C または -40°C へ置かれる。ヒステリシスは温度変化の2乗にほぼ比例する。

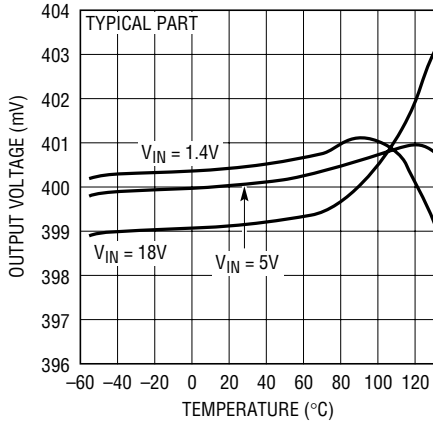
Note 10: 温度係数は出力電圧の変化を規定温度範囲で割って測定される。

Note 11: この機能により、デバイスのシャント・モード動作が保証される。

LT6650

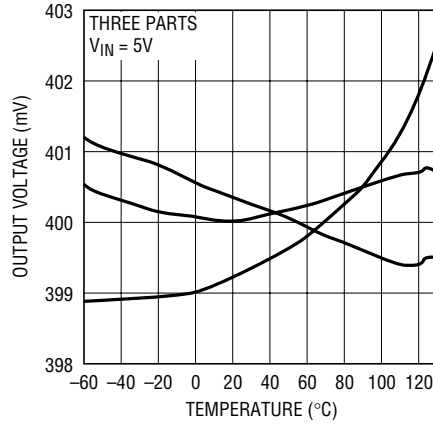
標準的性能特性 (「アプリケーション情報」の図1を参照)

出力電圧の温度ドリフト



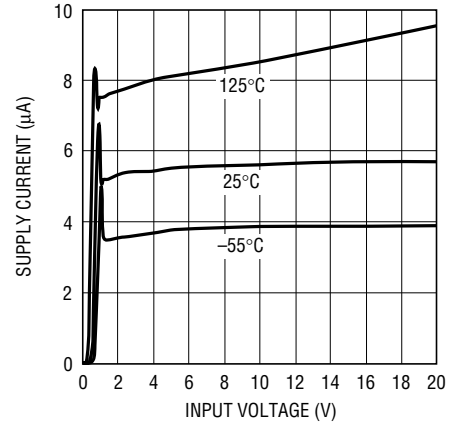
6650 G01

出力電圧の温度ドリフト



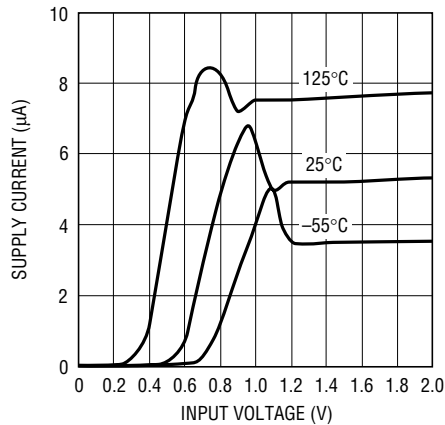
6650 G02

電源電流と入力電圧



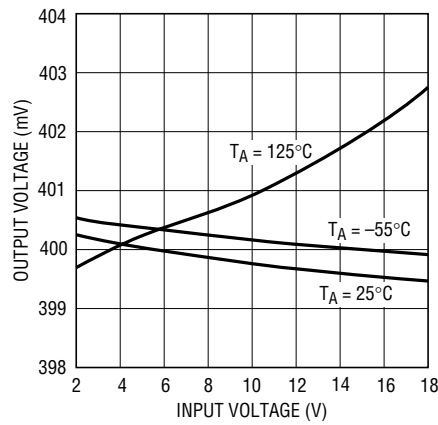
6650 G03

電源電流と入力電圧



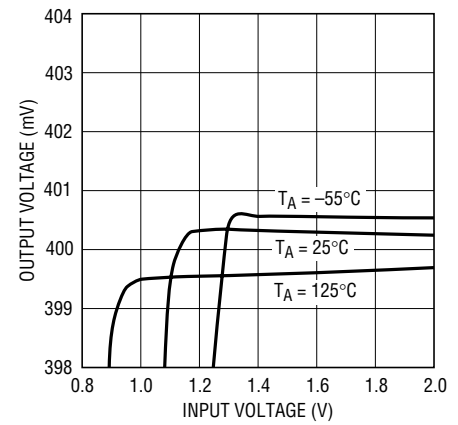
6650 G04

ライン・レギュレーション



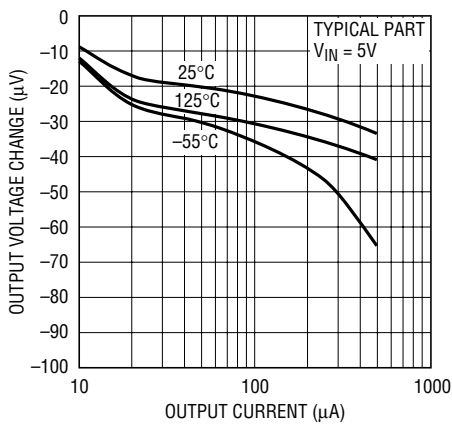
6650 G05

ライン・レギュレーション



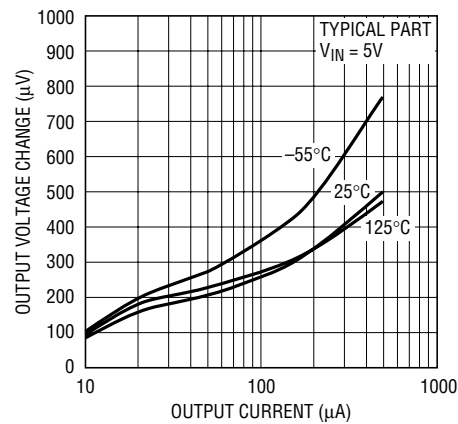
6650 G06

ロード・レギュレーション
(電流をソース)



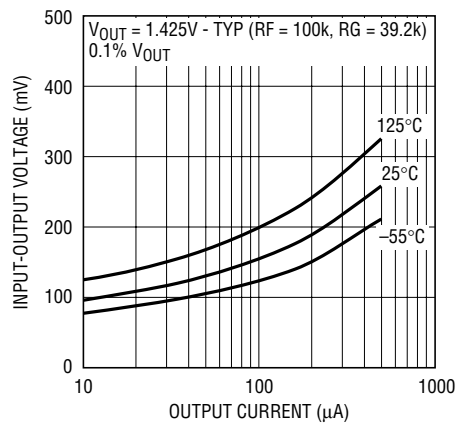
6650 G07

ロード・レギュレーション
(電流をシンク)



6650 G08

最小入力・出力間電圧差
(電流をソース)

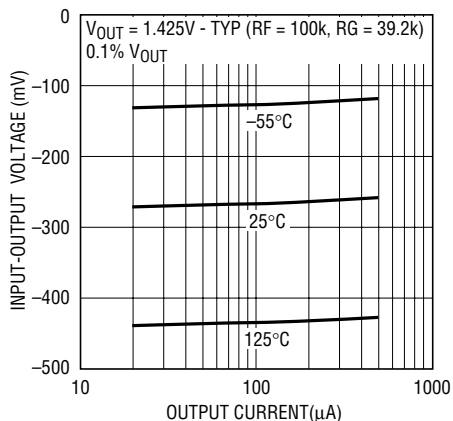


6650 G09

6650fa

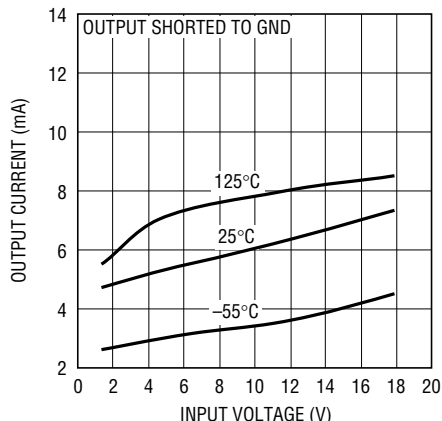
標準的性能特性 (「アプリケーション情報」の図1を参照)

最小入力・出力間電圧差
(電流をシンク)



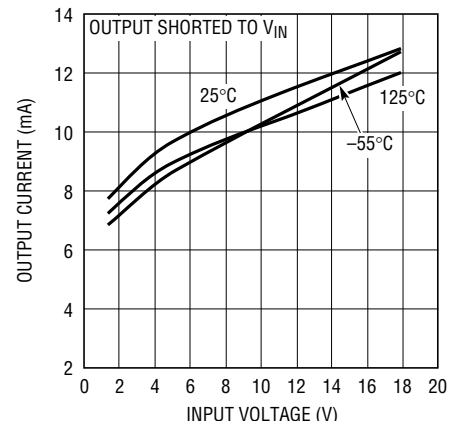
6650 G10

出力短絡電流と入力電圧



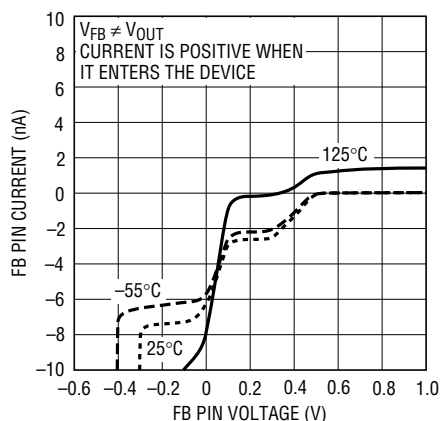
6650 G11

出力短絡電流と入力電圧



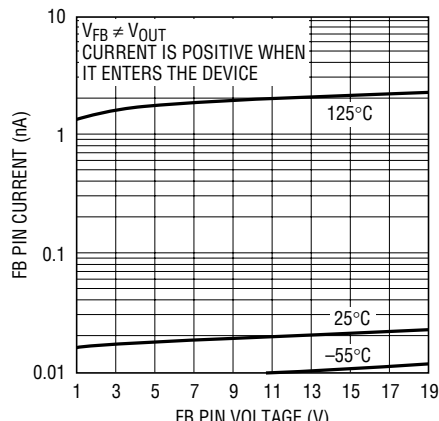
6650 G12

FBピンの電流とFBピンの電圧



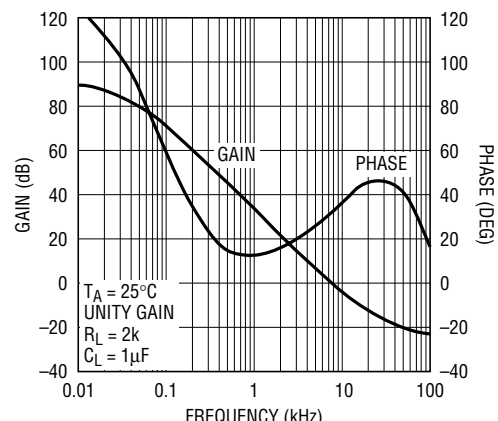
6650 G13

FBピンの電流とFBピンの電圧



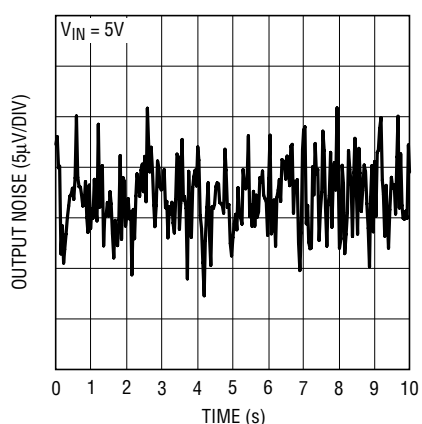
6650 G14

利得および位相と周波数



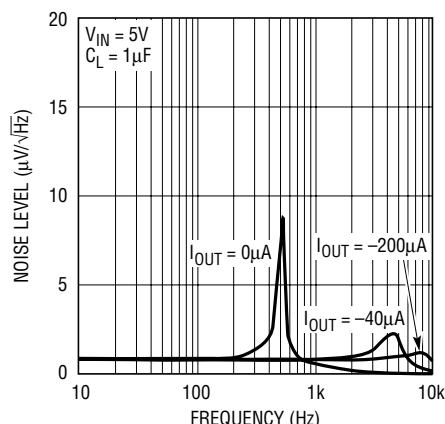
6650 G15

0.1Hz~10Hzの出力ノイズ



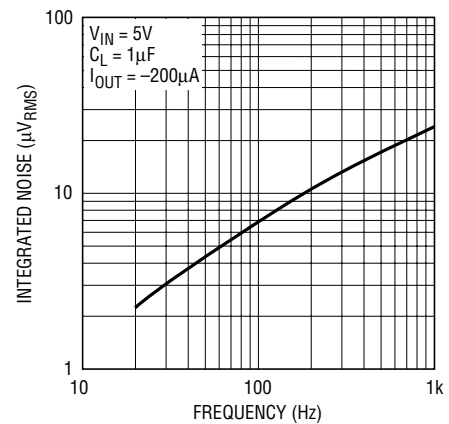
6650 G16

出力電圧ノイズのスペクトル



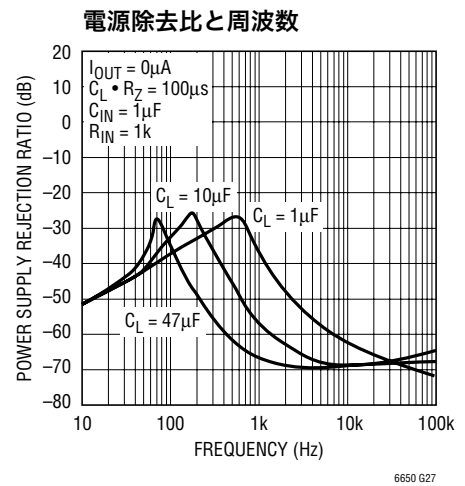
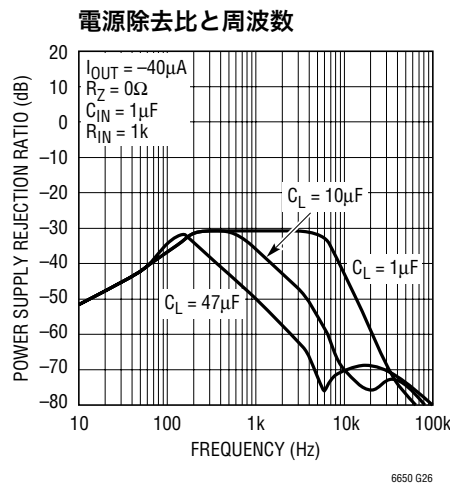
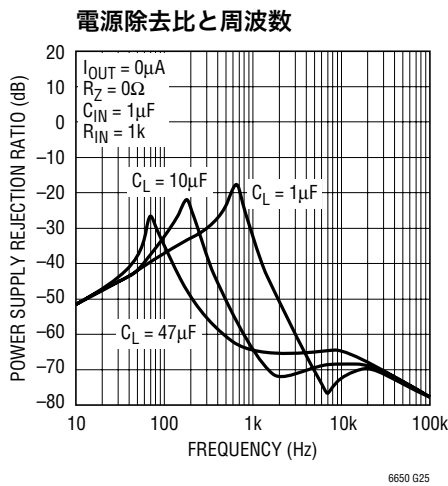
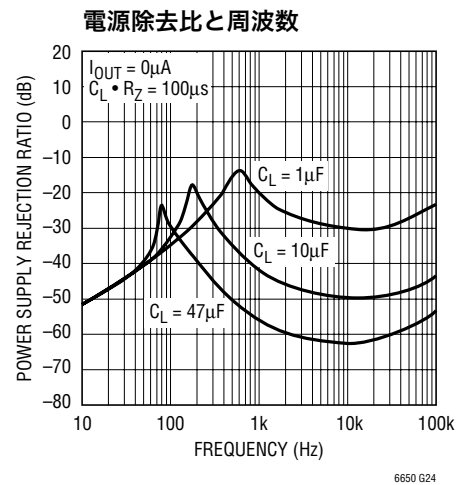
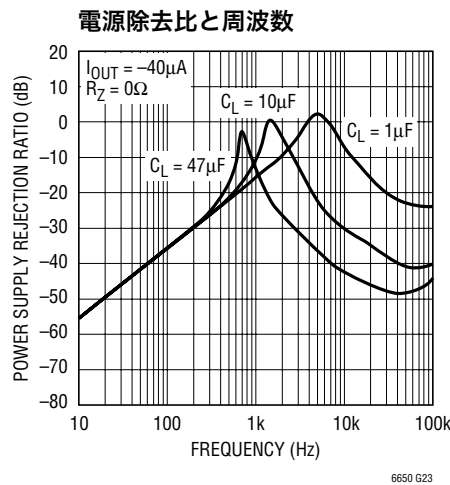
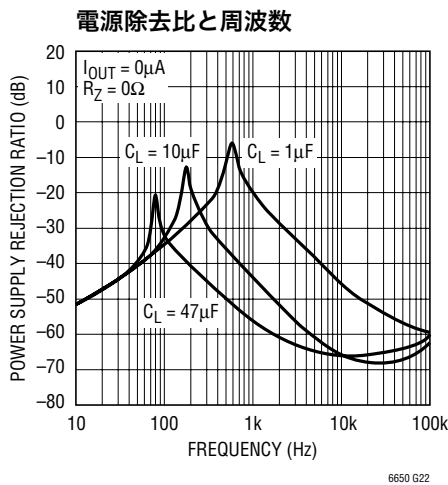
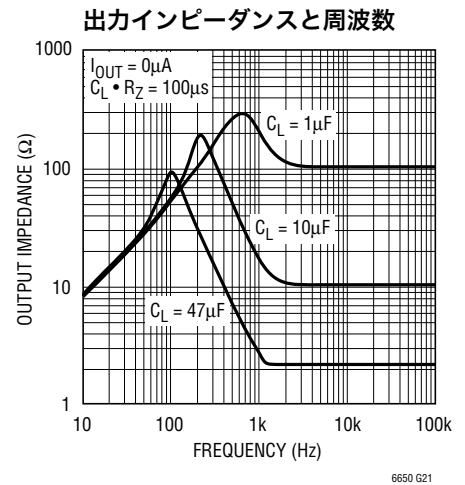
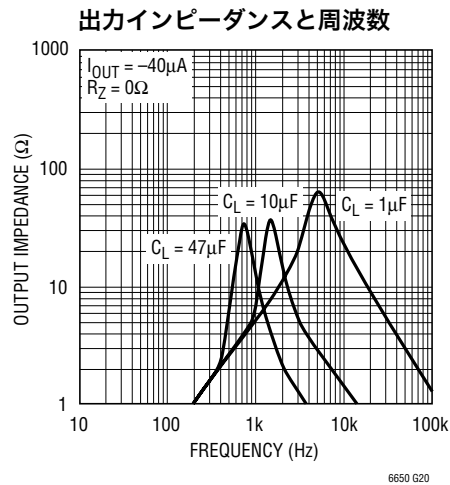
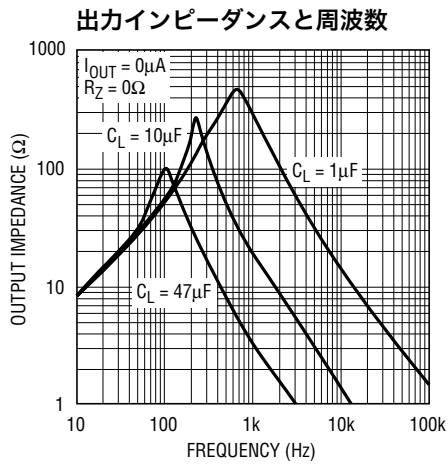
6650 G17

10Hz~1kHzの積分ノイズ



6650 G18

標準的性能特性 (「アプリケーション情報」の図1を参照)



ピン機能

FB (ピン1): 抵抗分割器帰還ピン。抵抗分割器をOUTからGNDに接続し、そのセンタータップをFBに接続します。このピンは出力電圧を設定します。

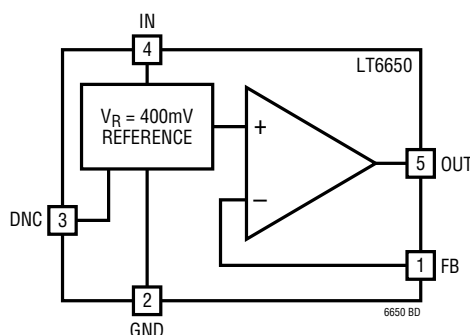
GND (ピン2): グランド接続。

DNC (ピン3): 接続しないでください。パッケージング後のトリミングのために内部で接続されています。このピンは接続しないままにしておかなければなりません。

IN (ピン4): 正電源。出力負荷が変化する場合、 $1\mu\text{F}$ のコンデンサでバイパスすることを推奨します。

OUT (ピン5): リファレンスの出力。この出力は電流をソースおよびシンクします。合計容量が $1\mu\text{F}$ 以上の負荷コンデンサで安定します。負荷容量が大きいほど負荷過渡応答が良くなります。

ブロック図



アプリケーション情報

長いバッテリー寿命

LT6650は1.4V~18Vの電源電圧範囲で動作するマイクロパワーの調節可能なリファレンスです。直列安定化出力は、外部抵抗を使って400mVから電源電圧近くまでの任意の電圧に設定することができます。無負荷状態では、LT6650は1.4V電源で動作するとき $8\mu\text{W}$ しか消費しません。他の動作設定では、LT6650を1.4V~18Vの正または負の調節可能なマイクロパワーのシャント・リファレンスとして使用することができます。

バイパスおよび負荷コンデンサ

LT6650電圧リファレンスは、正しく動作するために $1\mu\text{F}$ 以上の出力容量を必要とします。この容量は、OUTとGNDの間に接続した1個のコンデンサ、または他のデカップリング機能を担うこともある数個のコンデンサの集合のどちらでも与えることができます。図1と「標準的性能特性」のグラフに示されているように、 $40\mu\text{A}$ ~ $200\mu\text{A}$ だけ

出力にDC負荷を与えることにより、または $100\mu\text{s}$ の時定数になるように R_Z を出力コンデンサに追加することにより、出力インピーダンスを減らすことができます。

LT6650電圧リファレンスには $0.1\mu\text{F}$ 以上の入力バイパス・コンデンサを接続します。

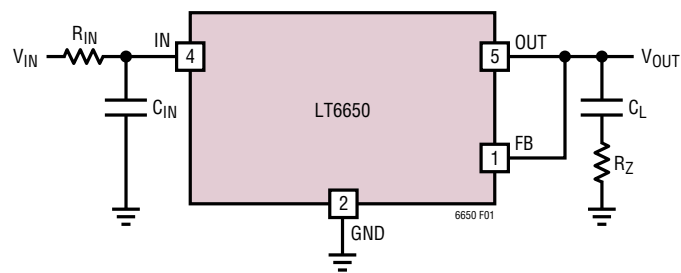


図1. LT6650の入力と出力の構成

アプリケーション情報

小さなバッテリーや他の比較的インピーダンスの高いソースでこの回路を動作させるとき、最小1 μ Fのコンデンサを推奨します。図1に示されているように、時定数が1msのローパスRCフィルタを入力に追加するとPSRRを大きく改善することができます。入力容量と出力容量のいくつかの組合せの関数として、性能を「標準的性能特性」のグラフに示します。

車載アプリケーションなど、電源ノイズが高くて出力トランジェントを最小に抑える必要があるとき、(5kと22 μ Fなど)100ms以上の入力RCを推奨します。出力に対する電源トランジェントの影響を効果的に除去する入力フィルタの構成を図2に示します。この入力デカップリングを追加し、LT6650が12Vのバスで正常に動作しているとき、50Vのトランジェントによって生じるV_{OUT}の乱れは0.5%未満です。

図1の回路のターンオン応答時間を図3に示します。入力電圧は0Vから3Vにステップさせ、出力は400mVを生じるように設定しています。入力のバイパスと出力の負荷容量が1 μ F、R_{IN} = 0 Ω 、R_Z = 0 Ω だと、出力は約0.5msでセトリングします。

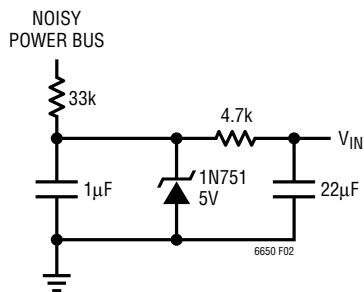


図2. ノイズ耐性の高い入力ネットワーク

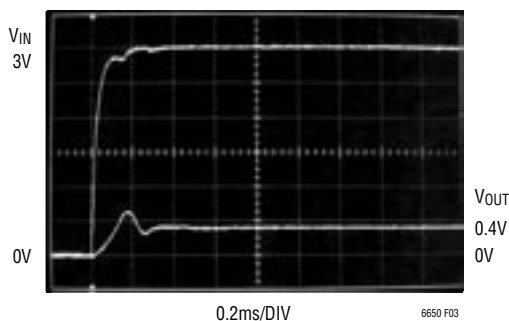


図3. LT6650のターンオン特性

0.5Vの入力トランジェントにตอบสนองし、約0.3msでセトリングする同じ回路を図4に示します。さまざまな負荷ステップにตอบสนองする同じ回路を図5から図7に示します。図5では $\pm 100\mu$ Aの間の変化、図6では-100 μ Aと-200 μ Aの間のソース電流ステップ、さらに図7では100 μ Aと200 μ Aの間のシンク電流ステップです。

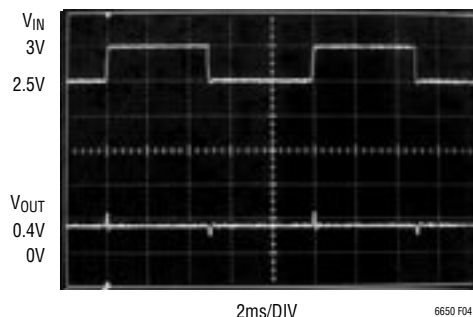


図4. ± 0.5 Vの入力ステップに対する出力応答

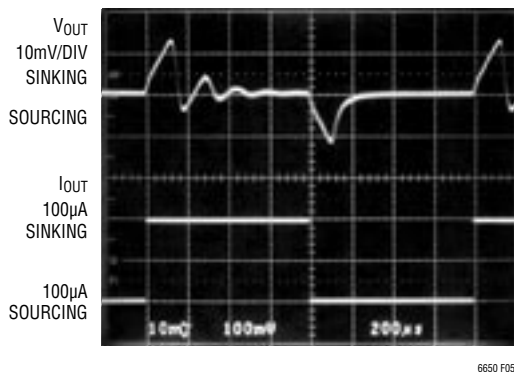


図5. 両方向の負荷ステップ(100 μ Aから-100 μ A)に対する出力応答

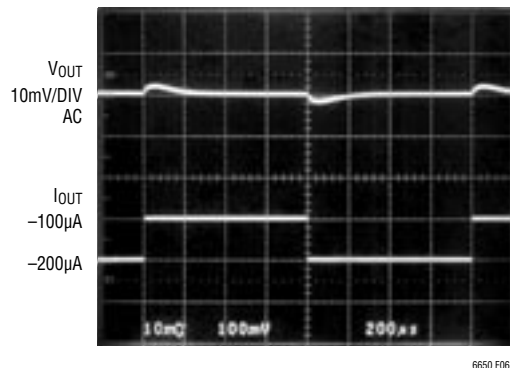


図6. 電流ソース負荷ステップ(-100 μ Aから-200 μ A)に対する出力応答

アプリケーション情報

負荷ステップに対して約0.5ms以内に(±0.2%)にセトリングします。

出力の調整

LT6650を400mVのリファレンスとして使う場合、表紙の「応用例」に示されているように、スケール設定用部品は何も使わずに、出力ピンと帰還ピンを相互に接続することができます。出力をもっと高い任意の電圧に設定するには、図8に示されているように、単に2個の帰還抵抗を選択し、内部オペアンプの非反転利得を設定します。帰還抵抗 R_F はOUTピンとFBピンの間に接続し、利得抵抗 R_G はFBピンからGNDに接続します。抵抗の値は次の関係に従って出力電圧に関係します。

$$R_F = R_G \cdot (V_{OUT} - 0.4) / (0.4 - I_{FB} \cdot R_G)$$

I_{FB} の項はFBピンのバイアス電流を表し、 R_G が100k以下のときは一般に無視することができます。 $R_G \leq 20k$ の場合、ワーストケースの I_{FB} でも無視することができます(誤差の寄与分は0.15%未満)。

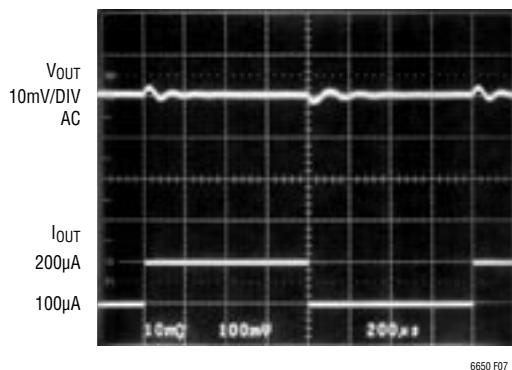


図7. 電流シンク負荷ステップ(100µAから200µA)に対する出力応答

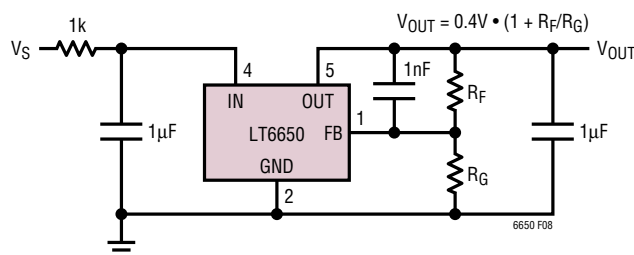


図8. 0.4Vを超える出力電圧の標準的設定方法

V_{OUT} 誤差分布は抵抗の許容誤差の2倍で増加するので、高精度の抵抗または抵抗ネットワークを推奨します。出力電圧は、ソースまたはシンクの能力を備えた状態で、400mVから電源電圧の350mV下までの任意のレベルに設定することができます。

ノイズ低減コンデンサ

リファレンスのスケージングのために抵抗性帰還を利用するアプリケーションでは、リファレンス本来のノイズがDCレベルとともに増幅されます。ノイズの増幅を最小に抑えるには、図8およびスケージング抵抗を備えた他の回路に示されているように、1nFの帰還コンデンサを推奨します。

シャント・リファレンスの動作

図9と図10に示されている回路は調節可能なシャント・リファレンスを構成します。LT6650は、外部バイアス抵抗 R_B とともに1.4V~18V(正または負)の出力の正または負のリファレンス動作を実現します。ちょうどツェナー・ダイオードのように、望みのリファレンス V_{OUT} の大きさよりいくらか高い電源 V_S が必要です。

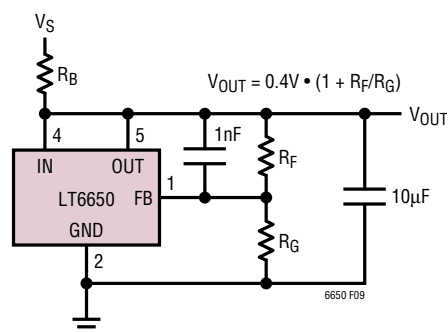


図9. 調節可能な正のシャント・リファレンスとしてのLT6650の標準的構成

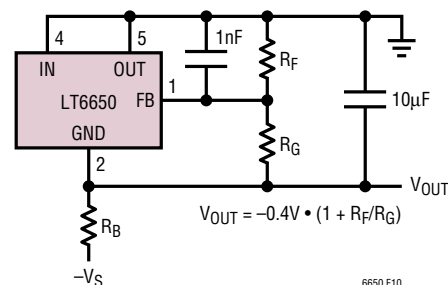


図10. 調節可能な負のシャント・リファレンスとしてのLT6650の標準的構成

6650fa

アプリケーション情報

正しく動作するには、 R_B は以下の範囲内でなければなりません(最適値は負荷電流の方向と大きさに大きく依存します)。

$$R_B > |V_S - V_{OUT}| / (200\mu A + 0.4/R_G)$$

$$R_B < |V_S - V_{OUT}| / (15\mu A + 0.4/R_G)$$

ヒステリシス

集積回路のパッケージングに本質的な機械的ストレスの多様なメカニズムにより、内部オフセットが温度変化による変化から正確に回復しないことがあり、この効果はヒステリシスと呼ばれます。固有の製造ステップによりこのヒステリシスは最小に抑えられますが、いくらかの小さな残留誤差が生じることがあります。LT6650のヒステリシスの測定値を図11と図12に示します。図11は0°C~70°Cの熱サイクルを加えられたデバイスについて取られたワーストケース・データを表しており、図12は-40°C~85°Cの熱サイクルの場合のデータを示しています。デバイスはこれらの温度範囲の熱サイクルを数回加えられ、その中の最大変化量が示されています。予期されるよ

うに、より厳しい温度限界にわたって熱サイクルを加えられたデバイスはより広いヒステリシス分布を示します。最悪のヒステリシス測定値は、初期値からの1000ppm (0.1%)未満の電圧シフトを示しています。

動作の限界

LT6650は堅牢なバイポーラ・テクノロジーのデバイスです。ESDクランプ・ダイオードがデザインに内蔵されています。参考のために簡略回路図を示します。ダイオードはIN、OUTおよびFBの各ピンとGNDピンの間に配置されており、デバイスへの逆電圧ストレスを防ぎます。これらのダイオードを順方向にバイアスする通常とは異なる動作モードでは電流を10mAに制限して、デバイスへの永続的損傷を避けます。LT6650は比較的高電圧のプロセスを使って製造されますので、どのピンもGNDを基準にして最大20Vで独立に動作することができます。このデバイスは過電圧保護のメカニズムは内蔵していませんので、高電圧を使う回路で意図せず高電圧が加わることがないように注意を払う必要があります。

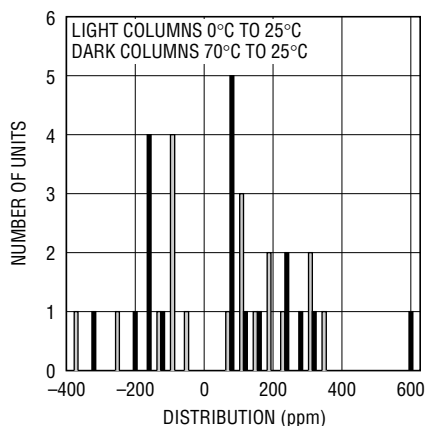


図11. ワーストケースの0°C~70°Cのヒステリシス

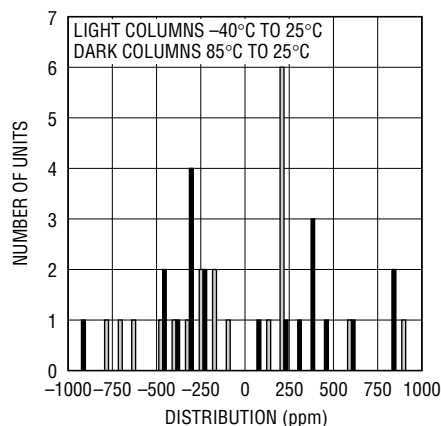
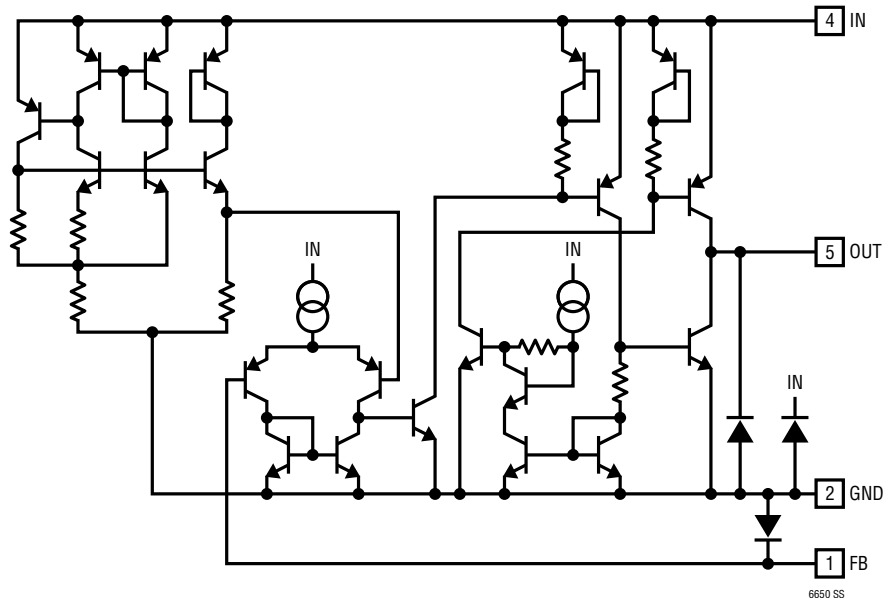


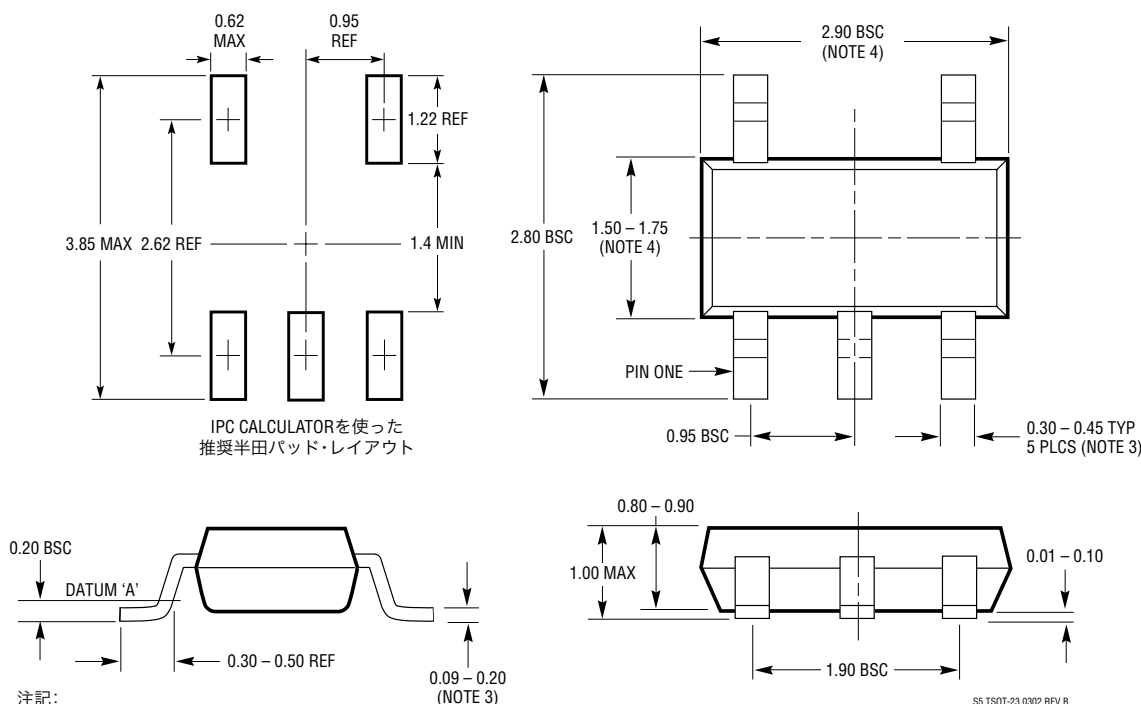
図12. ワーストケースの-40°C~85°Cのヒステリシス

簡略回路図



パッケージ寸法

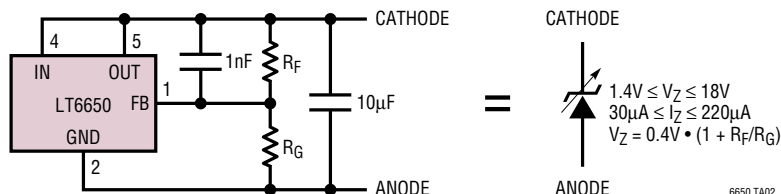
S5パッケージ
5ピン・プラスチックTSOT-23
(Reference LTC DWG # 05-08-1635 Rev B)



LT6650

標準的応用例

調節可能なマイクロパワー「ツェナー・ダイオード」型2端子リファレンス



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1790	マイクロパワーLDO精密リファレンス	最大0.05%、電流をソース/シンク、SOT-23パッケージ
LT1460	マイクロパワー精密リファレンス	最大0.075%、10ppm/°C、SOT-23パッケージ
LT1461	マイクロパワーLDO低TC精密リファレンス	最大0.04%、3ppm/°C、電源電流: 35µA
LT1494/LT1495/ LT1496	シングル/デュアル/クワッドのマイクロパワー・オペアンプ	1.5µA、V _{OS} < 375µV、I _B < 1000pA
LTC1540	リファレンス付きナノパワー・コンパレータ	300nA、3mm×3mm DFNパッケージ
LTC1798	マイクロパワーLDOリファレンス	最大0.15%、電源電流: 6.5µA
LT6700	リファレンス付きマイクロパワー・デュアル・コンパレータ	6.5µA、極性を選択可能、SOT-23パッケージ

6650fa