マイクロパワー高精度シリーズ・リファレンス

特長

- **高精度に調整：最大0.075%**
- **低ドリフト：最大10ppm/℃**
- **インダストリアル温度範囲**
- **温度係数：125℃まで保証**
- 低消費電流：最大130μA（LT1460-2.5）
- 最小出力電流：20mA
- 出力コンデンサが不要
- 逆バッテリ保護
- 最小入出力差：0.9V
- SO-8、MSOP-8、PDIP-8、TO-92およびSOT-23パッケージで供給

アプリケーション

- ハンドヘルド機器
- 高精度レギュレータ
- A/DおよびD/Aコンバータ
- 電源
- ハード・ディスク・ドライブ

概要

LT®1460は非常に高い精度と低ドリフト特性を低消費電力と小型パッケージ・サイズで実現したマイクロパワー・バンドギャップ・リファレンスです。このシリーズ・リファレンスは曲率補償を使用して低い温度係数を達成し、調整された高精度薄膜抵抗で高い出力精度を実現しています。最大20mAを供給し、優れたライン・レギュレーション特性を備えているので、高精度レギュレータ・アプリケーションに最適です。

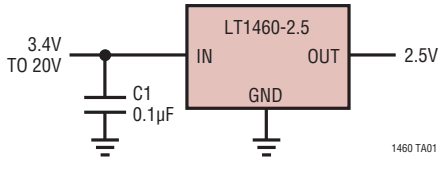
このシリーズ・リファレンスは、動作するのに全負荷電流を通過させなければならないシャント・リファレンスよりも消費電流と電力損失の点で有利です。さらに、LT1460は容量性負荷に対して安定して動作し、出力補償コンデンサは不要です。この特長はPCボードのスペースが強く制約されるアプリケーションや高速セトリングが要求されるアプリケーションで重要です。バッテリが逆接続された場合、リファレンスに電流が流れないので損傷を受けません。

LT1460は8ピンのMSOP、SO、PDIPパッケージおよび3ピンのTO-92、SOT-23パッケージで供給されます。

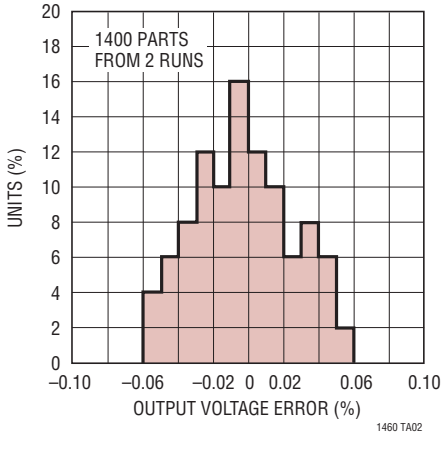
、LT、LTC、LTM、Linear TechnologyおよびLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。他の全ての商標はそれぞれの所有者に所有権があります

標準的応用例

基本接続



出力電圧の標準分布（S8パッケージ）

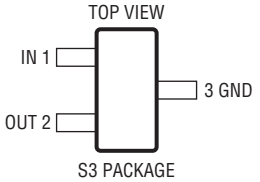


絶対最大定格
(Note 1)

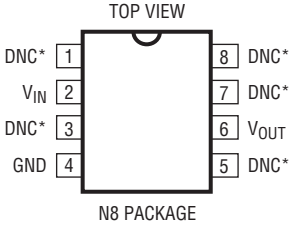
入力電圧 30V
逆電圧 ..... –15V
出力短絡時間、T_A = 25°C
　V_{IN} > 10V 5秒
　V_{IN} ≤ 10V ..... 無期限

規定温度範囲(Note 10)
　民生用(C) ..... 0°C～70°C
　産業用(I) ..... –40°C～85°C
　高温仕様(H) ..... –40°C～125°C
保存温度範囲(Note 2) ..... –65°C～150°C
リード温度(半田付け、10秒) ..... 300°C

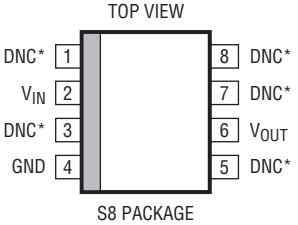
ピン配置



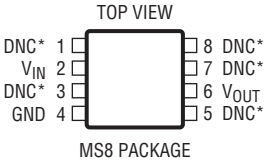
S3 PACKAGE
3-LEAD PLASTIC SOT-23
T_{JMAX} = 125°C, θ_{JA} = 228°C/W



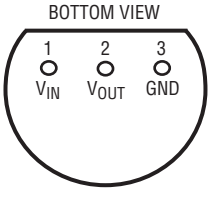
N8 PACKAGE
8-LEAD PLASTIC DIP
*CONNECTED INTERNALLY.
DO NOT CONNECT EXTERNAL CIRCUITRY TO THESE PINS
T_{JMAX} = 150°C, θ_{JA} = 130°C/W



S8 PACKAGE
8-LEAD PLASTIC SO
*CONNECTED INTERNALLY.
DO NOT CONNECT EXTERNAL CIRCUITRY TO THESE PINS
T_{JMAX} = 150°C, θ_{JA} = 190°C/W



MS8 PACKAGE
8-LEAD PLASTIC MSOP
*CONNECTED INTERNALLY.
DO NOT CONNECT EXTERNAL
CIRCUITRY TO THESE PINS
T_{JMAX} = 150°C, θ_{JA} = 250°C/W



Z PACKAGE
3-LEAD TO-92 PLASTIC
T_{JMAX} = 150°C, θ_{JA} = 160°C/W

発注情報

鉛フリー仕様

テープアンドリール(ミニ)	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
LT1460HCS3-2.5#TRMPBF	LT1460HCS3-2.5#TRMPBF	LTAC or LTH8†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C
LT1460JCS3-2.5#TRMPBF	LT1460JCS3-2.5#TRPBF	LTAD or LTH8†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C
LT1460KCS3-2.5#TRMPBF	LT1460KCS3-2.5#TRPBF	LTAE or LTH8†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C
LT1460HCS3-3#TRMPBF	LT1460HCS3-3#TRPBF	LTAN or LTH9†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C
LT1460JCS3-3#TRMPBF	LT1460JCS3-3#TRPBF	LTAP or LTH9†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C
LT1460KCS3-3#TRMPBF	LT1460KCS3-3#TRPBF	LTAQ or LTH9†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C
LT1460HCS3-3.3#TRMPBF	LT1460HCS3-3.3#TRPBF	LTAR or LTJ1†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C
LT1460JCS3-3.3#TRMPBF	LT1460JCS3-3.3#TRPBF	LTAS or LTJ1†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C
LT1460KCS3-3.3#TRMPBF	LT1460KCS3-3.3#TRPBF	LTAT or LTJ1†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C
LT1460HCS3-5#TRMPBF	LT1460HCS3-5#TRPBF	LTAK or LTJ2†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C
LT1460JCS3-5#TRMPBF	LT1460JCS3-5#TRPBF	LTAL or LTJ2†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C
LT1460KCS3-5#TRMPBF	LT1460KCS3-5#TRPBF	LTAM or LTJ2†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C
LT1460HCS3-10#TRMPBF	LT1460HCS3-10#TRPBF	LTAU or LTJ3†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C
LT1460JCS3-10#TRMPBF	LT1460JCS3-10#TRPBF	LTAV or LTJ3†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C
LT1460KCS3-10#TRMPBF	LT1460KCS3-10#TRPBF	LTAW or LTJ3†	3-Lead Plastic SOT-23	0°C to 70°C

TRM = 500個。 *温度グレードとパラメトリックグレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。
†製品等級はどちらかのマーキングで識別されます。

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。
非標準の鉛ベース仕様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。

鉛フリー仕様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/tapeandreel/ をご覧ください。

鉛フリー仕様	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
LT1460ACN8-2.5#PBF	LT1460ACN8-2.5#TRPBF		8-Lead Plastic DIP	0°C to 70°C
LT1460BIN8-2.5#PBF	LT1460BIN8-2.5#TRPBF		8-Lead Plastic DIP	–40°C to 85°C
LT1460DCN8-2.5#PBF	LT1460DCN8-2.5#TRPBF		8-Lead Plastic DIP	0°C to 70°C
LT1460EIN8-2.5#PBF	LT1460EIN8-2.5#TRPBF		8-Lead Plastic DIP	–40°C to 85°C
LT1460ACN8-5#PBF	LT1460ACN8-5#TRPBF		8-Lead Plastic DIP	0°C to 70°C
LT1460BIN8-5#PBF	LT1460BIN8-5#TRPBF		8-Lead Plastic DIP	–40°C to 85°C
LT1460DCN8-5#PBF	LT1460DCN8-5#TRPBF		8-Lead Plastic DIP	0°C to 70°C
LT1460EIN8-5#PBF	LT1460EIN8-5#TRPBF		8-Lead Plastic DIP	–40°C to 85°C
LT1460ACN8-10#PBF	LT1460ACN8-10#TRPBF		8-Lead Plastic DIP	0°C to 70°C
LT1460BIN8-10#PBF	LT1460BIN8-10#TRPBF		8-Lead Plastic DIP	–40°C to 85°C
LT1460DCN8-10#PBF	LT1460DCN8-10#TRPBF		8-Lead Plastic DIP	0°C to 70°C
LT1460EIN8-10#PBF	LT1460EIN8-10#TRPBF		8-Lead Plastic DIP	–40°C to 85°C
LT1460ACS8-2.5#PBF	LT1460ACS8-2.5#TRPBF	1460A2	8-Lead Plastic SO	0°C to 70°C
LT1460BIS8-2.5#PBF	LT1460BIS8-2.5#TRPBF	460BI2	8-Lead Plastic SO	–40°C to 85°C
LT1460DCS8-2.5#PBF	LT1460DCS8-2.5#TRPBF	1460D2	8-Lead Plastic SO	0°C to 70°C
LT1460EIS8-2.5#PBF	LT1460EIS8-2.5#TRPBF	460EI2	8-Lead Plastic SO	–40°C to 85°C
LT1460LHS8-2.5#PBF	LT1460LHS8-2.5#TRPBF	60LH25	8-Lead Plastic SO	0°C to 70°C
LT1460MHS8-2.5#PBF	LT1460MHS8-2.5#TRPBF	60MH25	8-Lead Plastic SO	–40°C to 85°C
LT1460ACS8-5#PBF	LT1460ACS8-5#TRPBF	1460A5	8-Lead Plastic SO	0°C to 70°C
LT1460BIS8-5#PBF	LT1460BIS8-5#TRPBF	460BI5	8-Lead Plastic SO	–40°C to 85°C

発注情報

鉛フリー仕様	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
LT1460DCS8-5#PBF	LT1460DCS8-5#TRPBF	1460D5	8-Lead Plastic SO	0°C to 70°C
LT1460EIS8-5#PBF	LT1460EIS8-5#TRPBF	460EI5	8-Lead Plastic SO	–40°C to 85°C
LT1460LHS8-5#PBF	LT1460LHS8-5#TRPBF	460LH5	8-Lead Plastic SO	0°C to 70°C
LT1460MHS8-5#PBF	LT1460MHS8-5#TRPBF	460MH5	8-Lead Plastic SO	–40°C to 85°C
LT1460ACS8-10#PBF	LT1460ACS8-10#TRPBF	1460A1	8-Lead Plastic SO	0°C to 70°C
LT1460BIS8-10#PBF	LT1460BIS8-10#TRPBF	460BI1	8-Lead Plastic SO	–40°C to 85°C
LT1460DCS8-10#PBF	LT1460DCS8-10#TRPBF	1460D1	8-Lead Plastic SO	0°C to 70°C
LT1460EIS8-10#PBF	LT1460EIS8-10#TRPBF	460EI1	8-Lead Plastic SO	–40°C to 85°C
LT1460CCMS8-2.5#PBF	LT1460CCMS8-2.5#TRPBF	LTAA	8-Lead Plastic MSOP	0°C to 70°C
LT1460FCMS8-2.5#PBF	LT1460FCMS8-2.5#TRPBF	LTAB	8-Lead Plastic MSOP	0°C to 70°C
LT1460CCMS8-5#PBF	LT1460CCMS8-5#TRPBF	LTAF	8-Lead Plastic MSOP	0°C to 70°C
LT1460FCMS8-5#PBF	LT1460FCMS8-5#TRPBF	LTAG	8-Lead Plastic MSOP	0°C to 70°C
LT1460CCMS8-10#PBF	LT1460CCMS8-10#TRPBF	LTAH	8-Lead Plastic MSOP	0°C to 70°C
LT1460FCMS8-10#PBF	LT1460FCMS8-10#TRPBF	LTAJ	8-Lead Plastic MSOP	0°C to 70°C
LT1460GCZ-2.5#PBF	LT1460GCZ-2.5#TRPBF		3-Lead Plastic TO-92	0°C to 70°C
LT1460GIZ-2.5#PBF	LT1460GIZ-2.5#TRPBF		3-Lead Plastic TO-92	–40°C to 85°C
LT1460GCZ-5#PBF	LT1460GCZ-5#TRPBF		3-Lead Plastic TO-92	0°C to 70°C
LT1460GIZ-5#PBF	LT1460GIZ-5#TRPBF		3-Lead Plastic TO-92	–40°C to 85°C
LT1460GCZ-10#PBF	LT1460GCZ-10#TRPBF		3-Lead Plastic TO-92	0°C to 70°C
LT1460GIZ-10#PBF	LT1460GIZ-10#TRPBF		3-Lead Plastic TO-92	–40°C to 85°C

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。
非標準の鉛ベース仕様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。

鉛フリー仕様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/tapeandreel/ をご覧ください。

利用可能なオプション

TEMPERATURE	温度精度 (%)	温度係数 (ppm/°C)	パッケージの種類				
			N8	S8	MS8	Z	S3
0°C to 70°C	0.075	10	LT1460ACN8	LT1460ACS8			
–40°C to 85°C	0.10	10	LT1460BIN8	LT1460BIS8			
0°C to 70°C	0.10	15			LT1460CCMS8		
0°C to 70°C	0.10	20	LT1460DCN8	LT1460DCS8			
–40°C to 85°C	0.125	20	LT1460EIN8	LT1460EIS8			
0°C to 70°C	0.15	25			LT1460FCMS8		
0°C to 70°C	0.25	25				LT1460GCZ	
–40°C to 85°C	0.25	25				LT1460GIZ	
–40°C to 85°C/125°C	0.20	20/50		LT1460LHS8			
–40°C to 125°C	0.20	50		LT1460MHS8			
0°C to 70°C	0.20	20					LT1460HCS3
0°C to 70°C	0.40	20					LT1460JCS3
0°C to 70°C	0.50	50					LT1460KCS3

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℃での値。注記がない限り、V_{IN} = V_{OUT}+2.5V、I_{OUT} = 0。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage	LT1460ACN8-2.5, ACS8-2.5		2.49813 –0.075		2.50188 0.075	V %
	LT1460BIN8-2.5, BIS8-2.5, CCMS8-2.5, DCN8-2.5, DCS8-2.5		2.4975 –0.10		2.5025 0.10	V %
	LT1460EIN8-2.5, EIS8-2.5		2.49688 –0.125		2.50313 0.125	V %
	LT1460FCMS8-2.5		2.49625 –0.15		2.50375 0.15	V %
	LT1460GCZ-2.5, GIZ-2.5		2.49375 –0.25		2.50625 0.25	V %
	LT1460LHS8-2.5, MHS8-2.5		2.495 –0.20		2.505 0.20	V %
	LT1460ACN8-5, ACS8-5		4.99625 –0.075		5.00375 0.075	V %
	LT1460BIN8-5, BIS8-5, CCMS8-5, DCN8-5, DCS8-5		4.995 –0.10		5.005 0.10	V %
	LT1460EIN8-5, EIS8-5		4.99375 –0.125		5.00625 0.125	V %
	LT1460FCMS8-5		4.9925 –0.15		5.0075 0.15	V %
	LT1460GCZ-5, GIZ-5		4.9875 –0.25		5.0125 0.25	V %
	LT1460LHS8-5, MHS8-5		4.990 –0.20		5.010 0.20	V %
	LT1460ACN8-10, ACS8-10		9.9925 –0.075		10.0075 0.075	V %
	LT1460BIN8-10, BIS8-10, CCMS8-10, DCN8-10, DCS8-10		9.990 –0.10		10.010 0.10	V %
	LT1460EIN8-10, EIS8-10		9.9875 –0.125		10.0125 0.125	V %
	LT1460FCMS8-10		9.985 –0.15		10.0015 0.15	V %
	LT1460GCZ-10, GIZ-10		9.975 –0.25		10.025 0.25	V %
	LT1460HC LT1460JC LT1460KC		–0.2 –0.4 –0.5		0.2 0.4 0.5	% % %
Output Voltage Temperature Coefficient (Note 3)	$T_{MIN} \le T_J \le T_{MAX}$					
	LT1460ACN8, ACS8, BIN8, BIS8	●		5	10	ppm/°C
	LT1460CCMS8	●		7	15	ppm/°C
	LT1460DCN8, DCS8, EIN8, EIS8	●		10	20	ppm/°C
	LT1460FCMS8, GCZ, GIZ	●		12	25	ppm/°C
	LT1460LHS8 –40°C to 85°C	●		10	20	ppm/°C
	–40°C to 125°C	●		25	50	ppm/°C
	LT1460MHS8 –40°C to 125°C	●		25	50	ppm/°C
	LT1460HC	●		10	20	ppm/°C
	LT1460JC	●		10	20	ppm/°C
	LT1460KC	●		25	50	ppm/°C

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℃での値。注記がない限り、V_{IN} = V_{OUT}+2.5V、I_{OUT} = 0。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Line Regulation LT1460A, LT1460B, LT1460C, LT1460D, LT1460E, LT1460F, LT1460G, LT1460H, LT1460L, LT1460M	V_{OUT} + 0.9V ≤ V_{IN} ≤ V_{OUT} + 2.5V	●		30	60 80	ppm/V ppm/V
	V_{OUT} + 2.5V ≤ V_{IN} ≤ 20V	●		10	25 35	ppm/V ppm/V
LT1460HC, LT1460JC, LT1460KC	V_{OUT} + 0.9V ≤ V_{IN} ≤ V_{OUT} + 2.5V	●		150	800 1000	ppm/V ppm/V
	V_{OUT} + 2.5V ≤ V_{IN} ≤ 20V	●		50	100 130	ppm/V ppm/V
Load Regulation Sourcing (Note 4) LT1460A, LT1460B, LT1460C, LT1460D, LT1460E, LT1460F, LT1460G, LT1460H, LT1460L, LT1460M	I_{OUT} = 100μA	●		1500	2800 3500	ppm/mA ppm/mA
	I_{OUT} = 10mA	●		80	135 180	ppm/mA ppm/mA
	I_{OUT} = 20mA 0°C to 70°C	●		70	100 140	ppm/mA ppm/mA
LT1460HC, LT1460JC, LT1460KC	I_{OUT} = 100μA	●		1000	3000 4000	ppm/mA ppm/mA
	I_{OUT} = 10mA	●		50	200 300	ppm/mA ppm/mA
	I_{OUT} = 20mA	●		20	70 100	ppm/mA ppm/mA
Thermal Regulation (Note 5) LT1460A, LT1460B, LT1460C, LT1460D, LT1460E, LT1460F, LT1460G, LT1460H, LT1460L, LT1460M	ΔP = 200mW			0.5	2.5	ppm/mW
LT1460HC, LT1460JC, LT1460KC	ΔP = 200mW			2.5	10	ppm/mW
Dropout Voltage (Note 6)	V_{IN} – V_{OUT}, I_{OUT} = 0	●			0.9	V
	V_{IN} – V_{OUT}, I_{OUT} = 10mA	●			1.3 1.4	V V
Output Current	Short V_{OUT} to GND			40		mA
Reverse Leakage	V_{IN} = –15V	●		0.5	10	μA
Supply Current	LT1460-2.5	●		100	130 165	μA μA
	LT1460-5	●		125	175 225	μA μA
	LT1460-10	●		190	270 360	μA μA
	LT1460S3-2.5	●		115	145 175	μA μA
	LT1460S3-3	●		145	180 220	μA μA
	LT1460S3-3.3	●		145	180 220	μA μA
	LT1460S3-5	●		160	200 240	μA μA
	LT1460S3-10	●		215	270 350	μA μA

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℃での値。注記がない限り、V_{IN} = V_{OUT}+2.5V、I_{OUT} = 0。

PARAMETER	CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Noise (Note 7) LT1460A, LT1460B, LT1460C, LT1460D, LT1460E, LT1460F, LT1460G, LT1460H, LT1460L, LT1460M	LT1460-2.5	0.1Hz ≤ f ≤ 10Hz 10Hz ≤ f ≤ 1kHz			10 10		μV_{P-P} μV_{RMS}
	LT1460-5	0.1Hz ≤ f ≤ 10Hz 10Hz ≤ f ≤ 1kHz			20 20		μV_{P-P} μV_{RMS}
	LT1460-10	0.1Hz ≤ f ≤ 10Hz 10Hz ≤ f ≤ 1kHz			40 35		μV_{P-P} μV_{RMS}
LT1460HC, LT1460JC, LT1460KC	0.1Hz ≤ f ≤ 10Hz 10Hz ≤ f ≤ 1kHz				4 4		ppm (P-P) ppm (RMS)
Long-Term Stability of Output Voltage (Note 8) S8 Pkg					40		ppm/$\sqrt{kHr}$
LT1460HC, LT1460JC, LT1460KC					100		ppm/$\sqrt{kHr}$
Hysteresis (Note 9) LT1460A, LT1460B, LT1460C, LT1460D, LT1460E, LT1460F, LT1460G, LT1460H, LT1460L, LT1460M	ΔT = 0°C to 70°C ΔT = –40°C to 85°C				25 160		ppm ppm
LT1460HC, LT1460JC, LT1460KC	ΔT = 0°C to 70°C ΔT = –40°C to 85°C		● ●		50 250		ppm 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: 規定温度範囲外で保存される場合、ヒステリシスにより出力がシフトすることがある。

Note 3: 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。増加勾配も25℃で測定される。

Note 4: 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。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 5: 熱レギュレーションは負荷電流や入力電圧の変化によって生じるダイの温度勾配によって生じる。この影響を通常のライン・レギュレーションや負荷レギュレーションに追加する必要がある。このパラメータに対しては全数テストは実施されない。

Note 6: 負荷レギュレーション誤差は含まない。LT1460S3の場合、ΔV_{OUT} ≤ 0.2%である。他の全てのパッケージの場合、ΔV_{OUT} ≤ 0.1%である。

Note 7: ピーク・トゥ・ピーク・ノイズは、0.1Hzのシングル・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排除するため、ユニットは静止空気中に密閉する。テスト時間は10秒である。RMSノイズは、10Hzのシングル・ハイパス・フィルタおよび1kHzの2ポール・ローパス・フィルタを使って測定される。その結果得られる出力は全波整流されてから一定時間積分され、最終測定値はRMSではなく、平均値となる。平均値からRMSへの変換には1.1の補正係数が使われ、フィルタの非理想的なバスバンド特性を補正するには0.88の第2の補正係数が使われる。

Note 8: 長期安定性は通常対数特性をもっているので、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。125℃で100時間～200時間ICを予めバーンインすると長期ドリフトを大きく改善することができる。ボードのアセンブリ工程でICとボード材の間に生じる応力差によっても長期安定性が影響を受ける。「アプリケーション情報」のセクションの「PCボードのレイアウト」を参照。

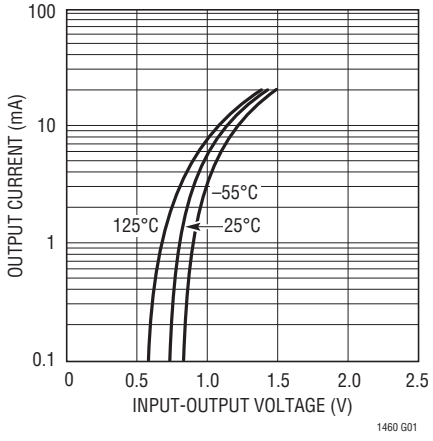
Note 9: 出力電圧のヒステリシスは、ICがそれまでに置かれていた温度が高温か低温かに従ってパッケージの応力が異なるために生じる。出力電圧は常に25℃で測定されるが、デバイスは続いて測定される前に順次85℃または–40℃へ置かれる。ヒステリシスは温度変化の2乗にほぼ比例する。普通に管理された温度（動作温度の20度ないし30度以内）で保存されている計測機器では、ヒステリシスは一般に重要な問題ではない。

Note 10: LT1460S3は–40℃～85℃の動作温度範囲で動作することが保証されている。

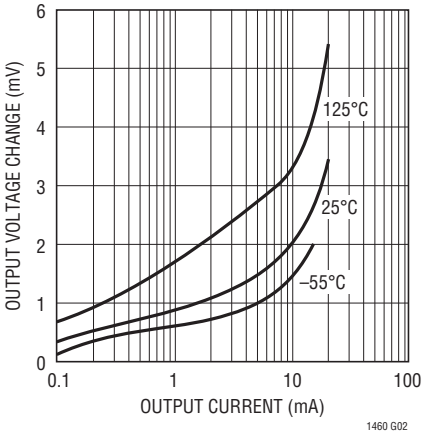
標準的性能特性

LT1460-2.5（N8、S8、MS8、Zパッケージ）

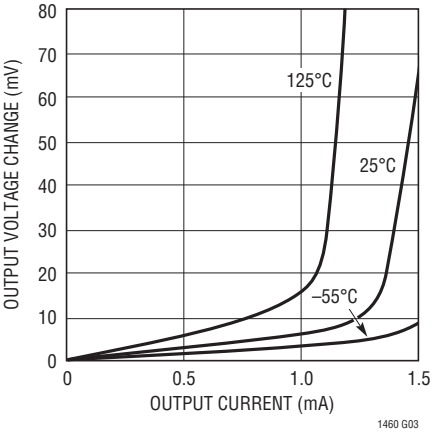
2.5Vの最小入力/出力間電圧差



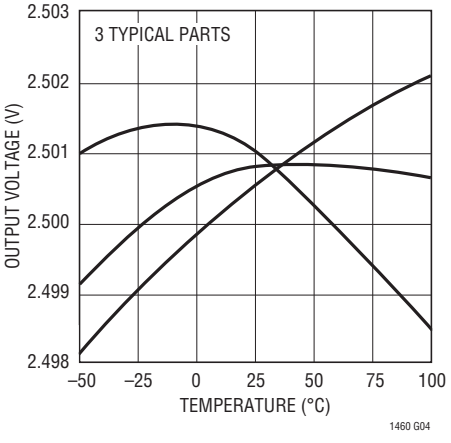
2.5Vの負荷レギュレーション、電流をソース



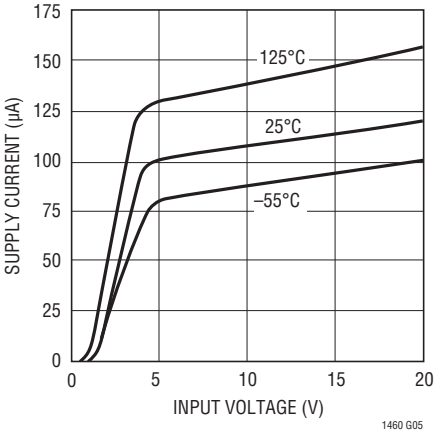
2.5Vの負荷レギュレーション、電流をシンク



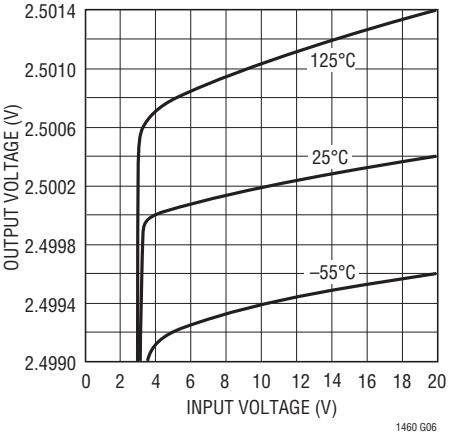
2.5V出力電圧の温度ドリフト



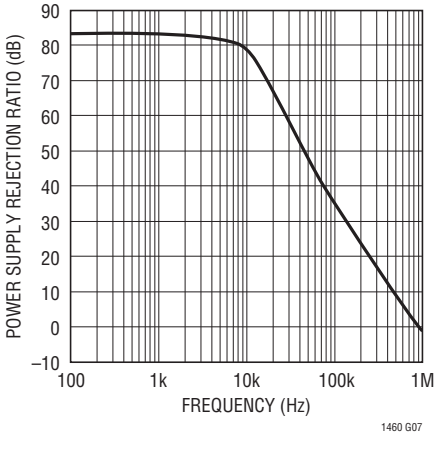
2.5Vの消費電流と入力電圧



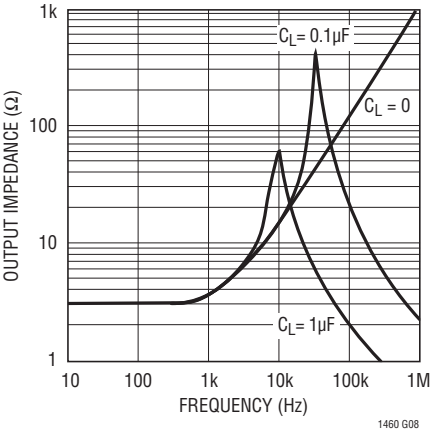
2.5Vのライン・レギュレーション



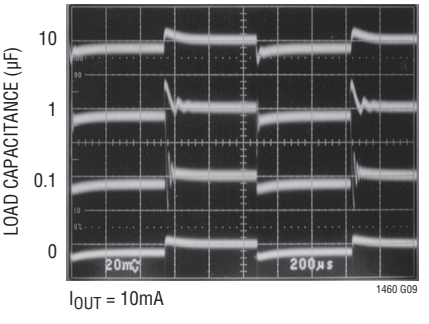
2.5Vの電源除去比と周波数



2.5Vの出力インピーダンスと周波数



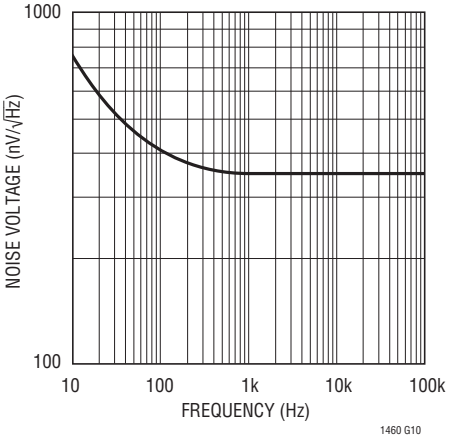
2.5Vの過渡応答



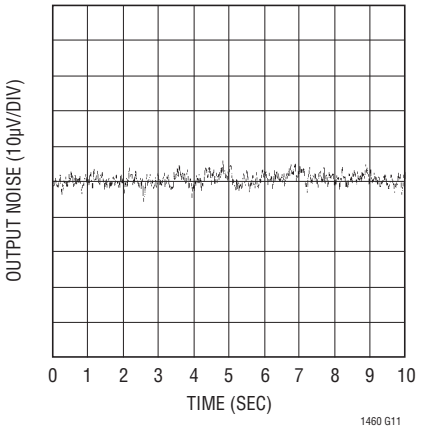
I_{OUT} = 10mA

標準的性能特性

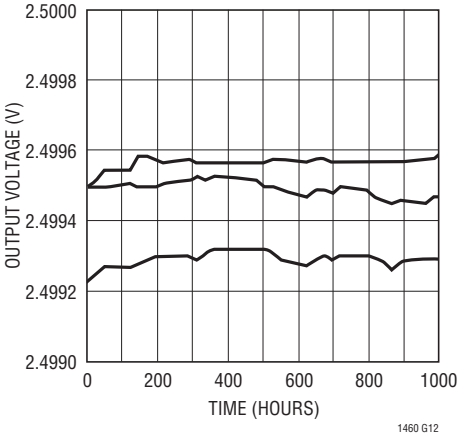
2.5Vの出力電圧ノイズ・スペクトル



2.5Vの0.1Hz～10Hz出力ノイズ

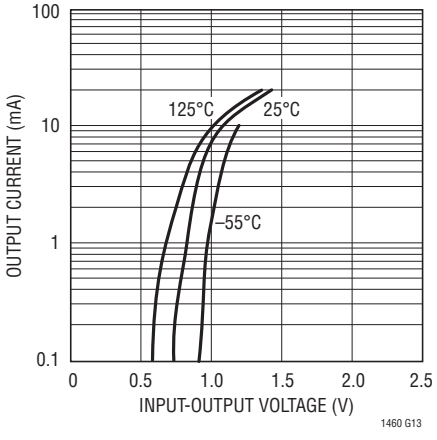


2.5Vの長期ドリフト
3個の標準的デバイス（S8パッケージ）

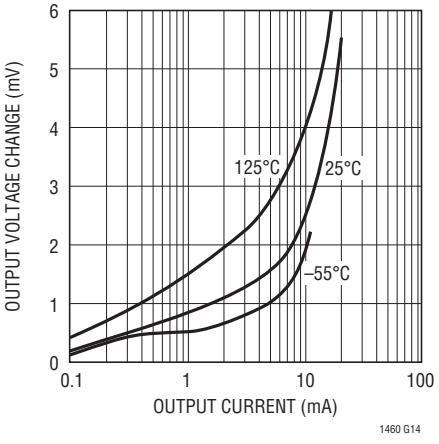


LT1460-5（N8、S8、MS8、Zパッケージ）

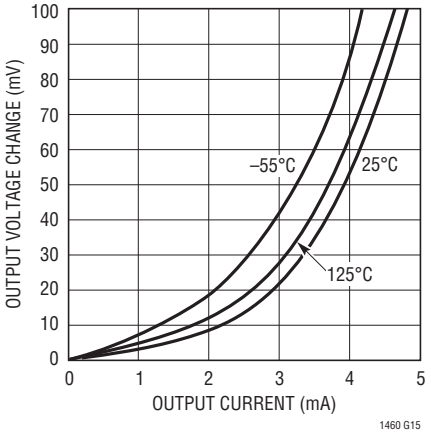
5Vの最小入力/出力間電圧差



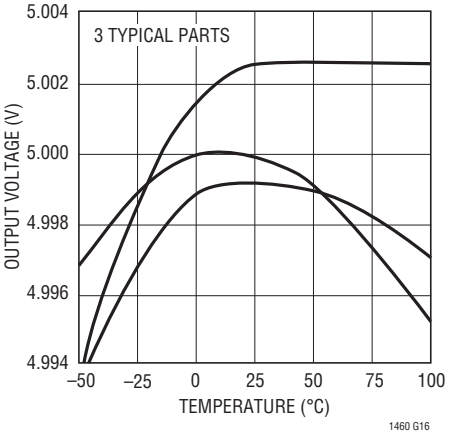
5Vの負荷レギュレーション、
電流をソース



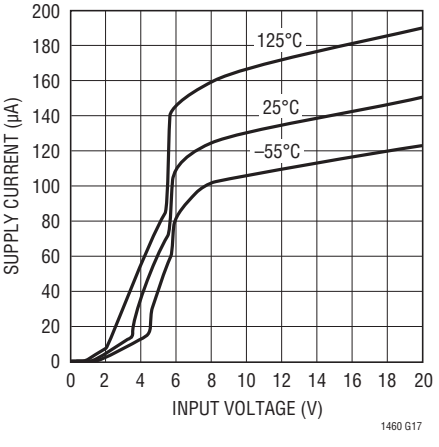
5Vの負荷レギュレーション、
電流をシンク



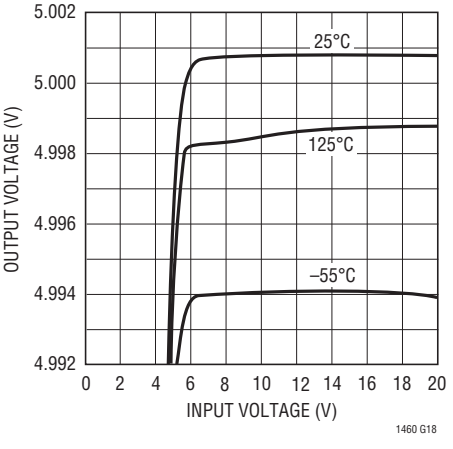
5V出力電圧の温度ドリフト



5Vの消費電流と入力電圧



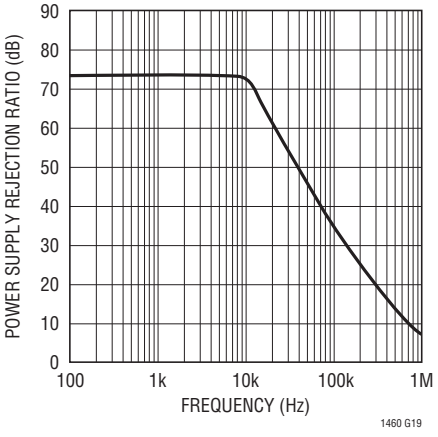
5Vのライン・レギュレーション



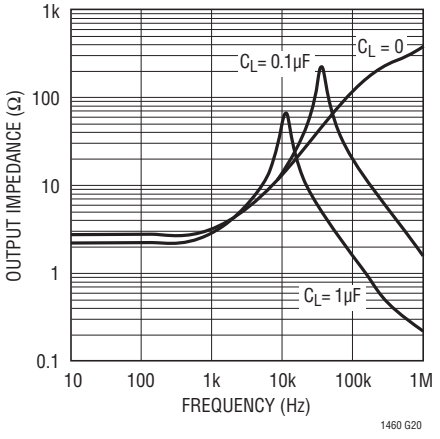
標準的性能特性

LT1460-5（N8、S8、MS8、Zパッケージ）

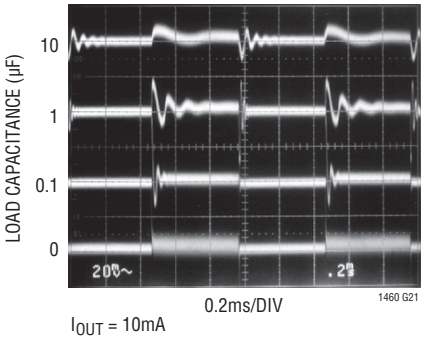
5Vの電源除去比と周波数



5Vの出力インピーダンスと周波数

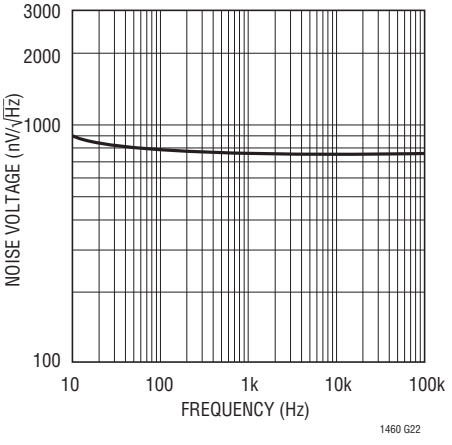


5Vの過渡応答

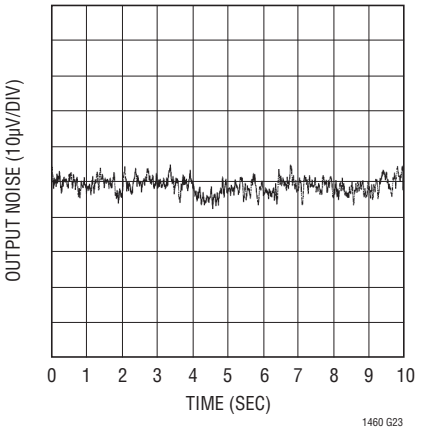


I_{OUT} = 10mA

5Vの出力電圧ノイズのスペクトル

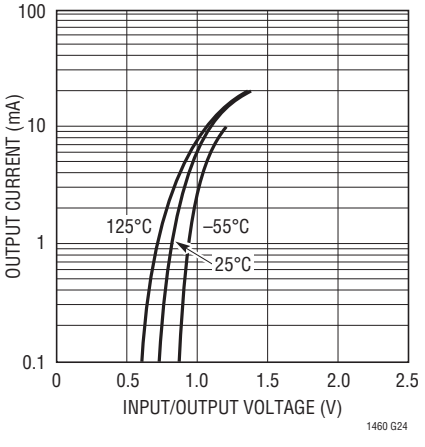


5Vの0.1Hz～10Hz出力ノイズ

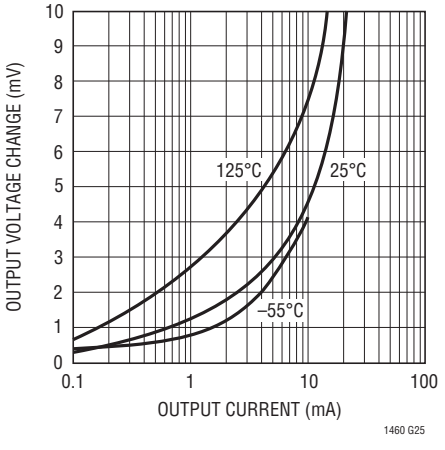


LT1460-10（N8、S8、MS8、Zパッケージ）

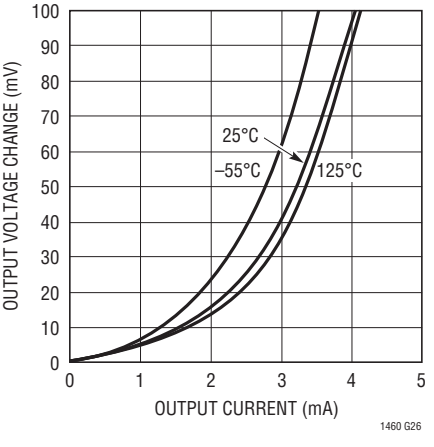
10Vの最小入力/出力間電圧差



10Vの負荷レギュレーション、電流をソース

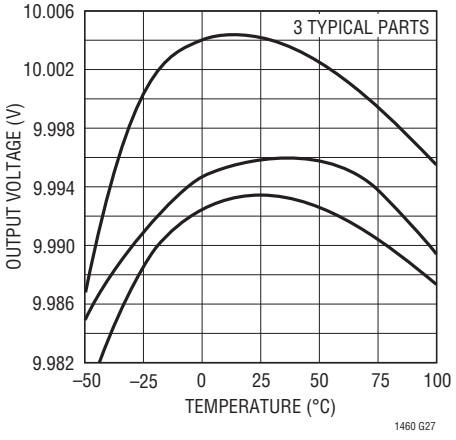


10Vの負荷レギュレーション、電流をシンク

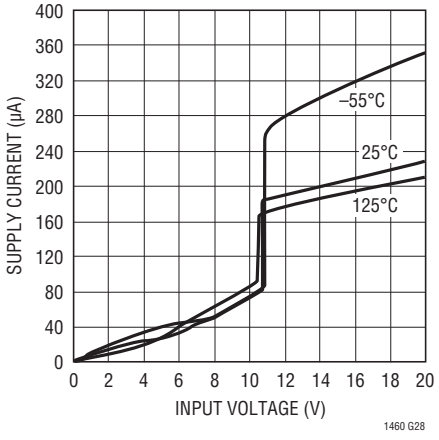


標準的性能特性

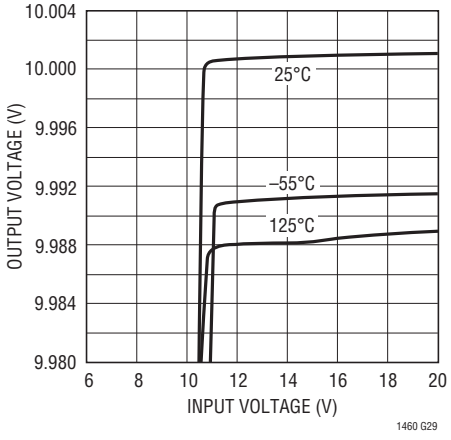
10V出力電圧の温度ドリフト



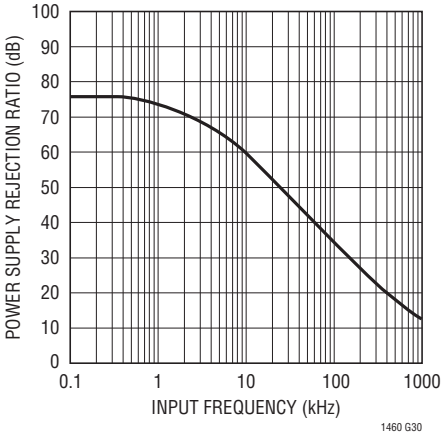
10Vの消費電流と入力電圧



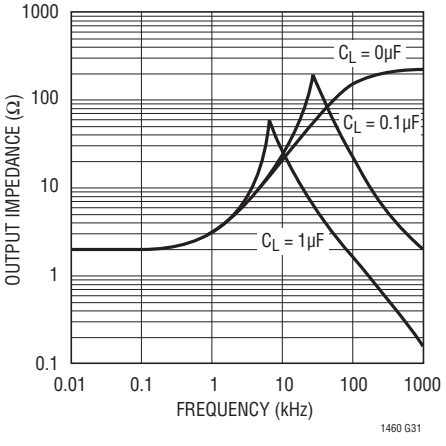
10Vのライン・レギュレーション



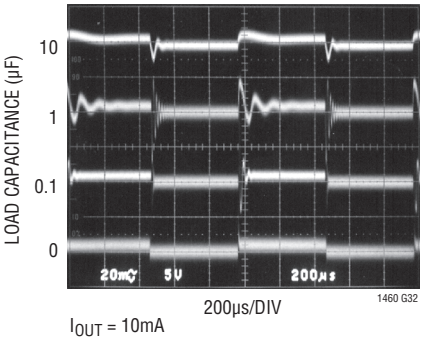
10Vの電源除去比と周波数



10Vの出力インピーダンスと周波数

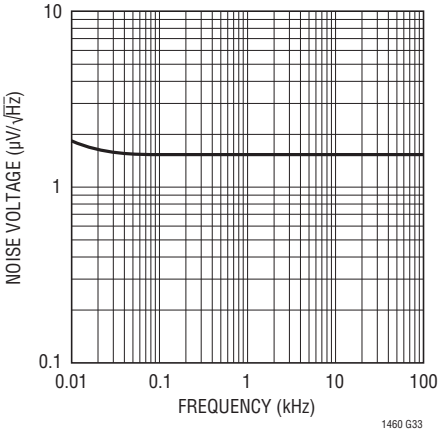


10Vの過渡応答

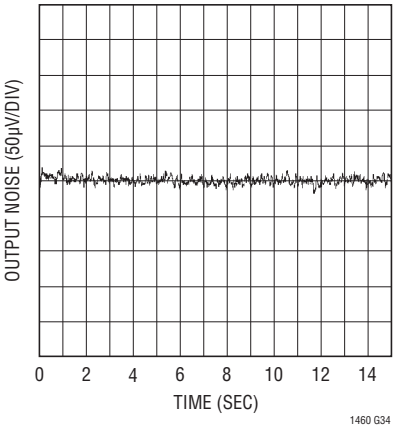


I_{OUT} = 10mA

10Vの出力電圧ノイズのスペクトル



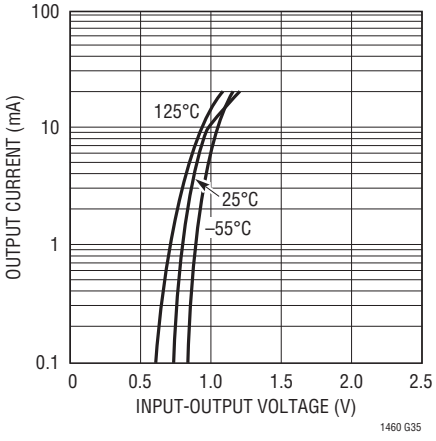
10Vの0.1Hz～10Hz出力ノイズ



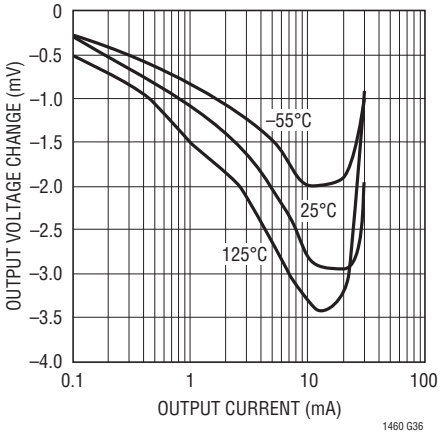
標準的性能特性

LT1460S3の全ての電圧オプションで特性曲線は類似している。LT1460S3-2.5およびLT1460S3-10の曲線は電圧オプションの両極端を表している。他の出力電圧の特性曲線はこれらの曲線の間に位置し、それらの電圧出力に基づいて推定することができる。

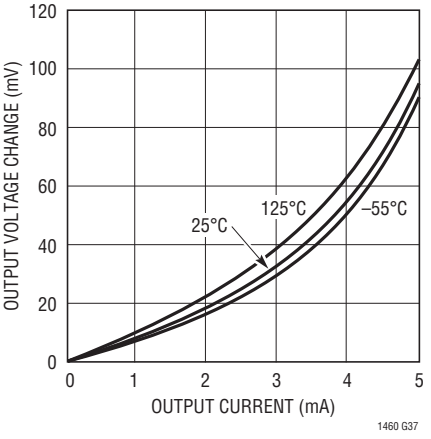
LT1460S3-2.5Vの最小入力/出力間電圧差



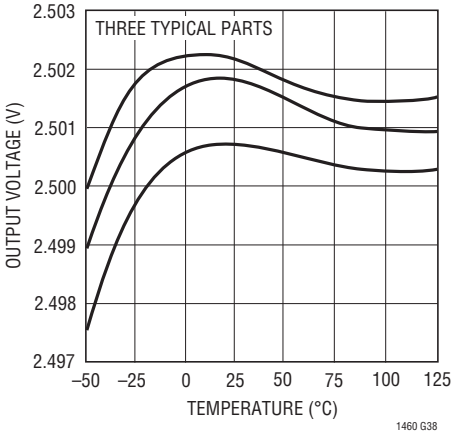
LT1460S3-2.5Vの負荷レギュレーション、電流をソース



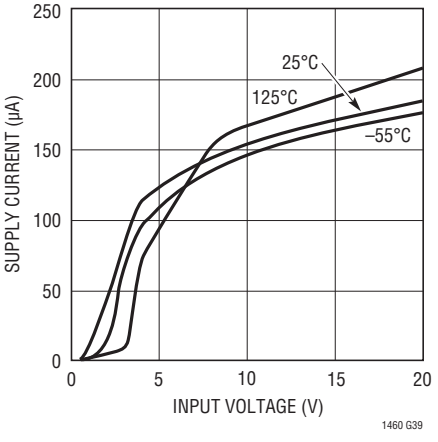
LT1460S3-2.5Vの負荷レギュレーション、電流をシンク



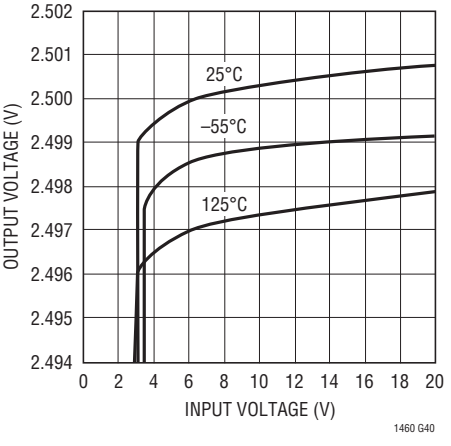
LT1460S3-2.5Vの出力電圧の温度ドリフト



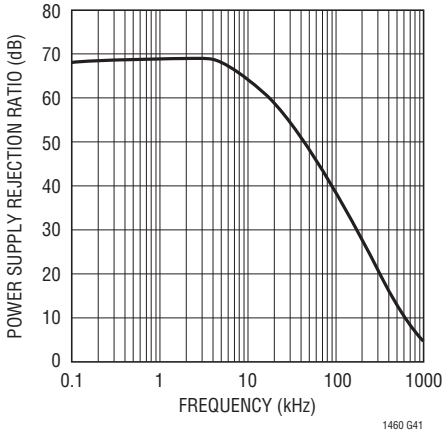
LT1460S3-2.5Vの消費電流と入力電圧



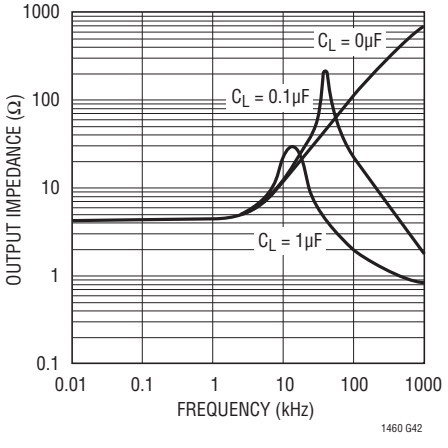
LT1460S3-2.5Vのライン・レギュレーション



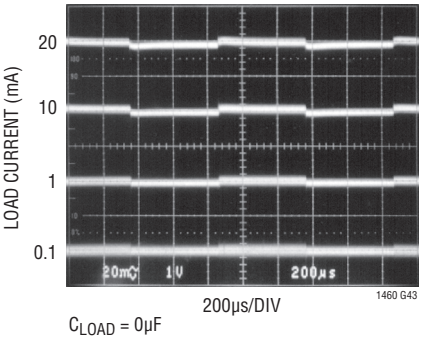
LT1460S3-2.5Vの電源除去比と周波数



LT1460S3-2.5Vの出力インピーダンスと周波数



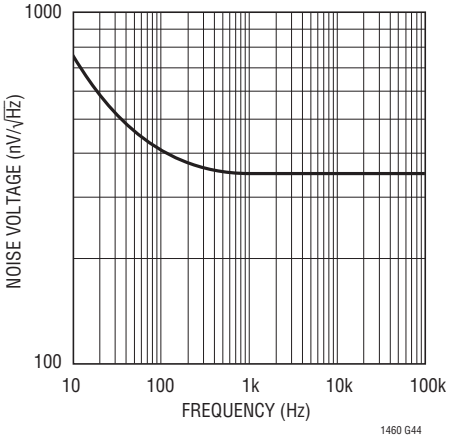
LT1460S3-2.5Vの過渡応答



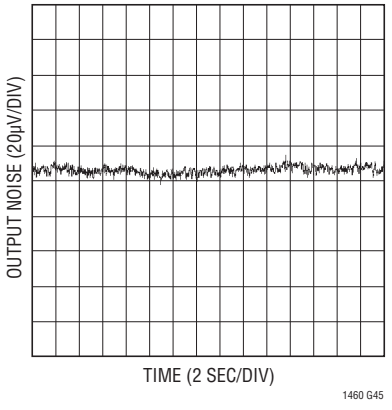
標準的性能特性

LT1460S3の全ての電圧オプションで特性曲線は類似している。LT1460S3-2.5およびLT1460S3-10の曲線は電圧オプションの両極端を表している。他の出力電圧の特性曲線はこれらの曲線の間に位置し、それらの電圧出力に基づいて推定することができる。

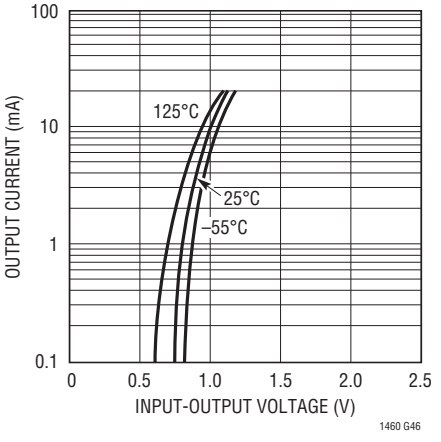
LT1460S3-2.5Vの出力電圧ノイズ・スペクトル



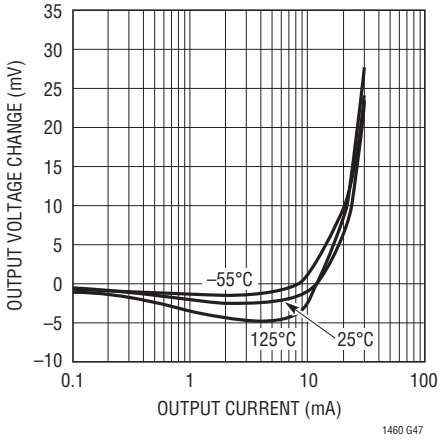
LT1460S3-2.5Vの0.1Hz～10Hz出力ノイズ



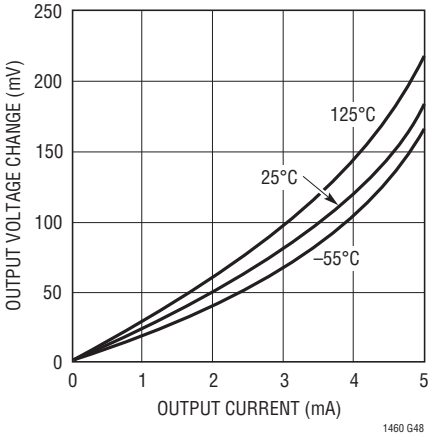
LT1460S3-10Vの最小入力/出力間電圧差



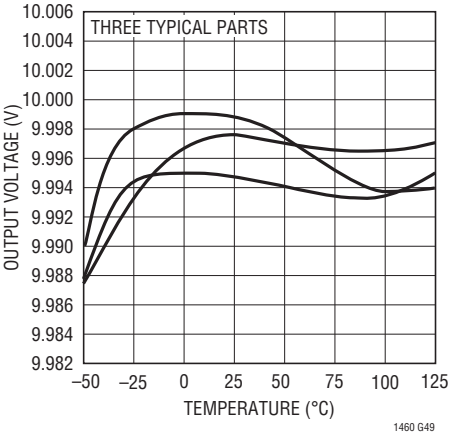
LT1460S3-10Vの負荷レギュレーション、電流をソース



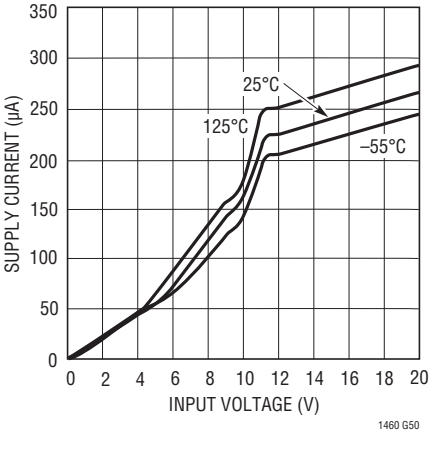
LT1460S3-10Vの負荷レギュレーション、電流をシンク



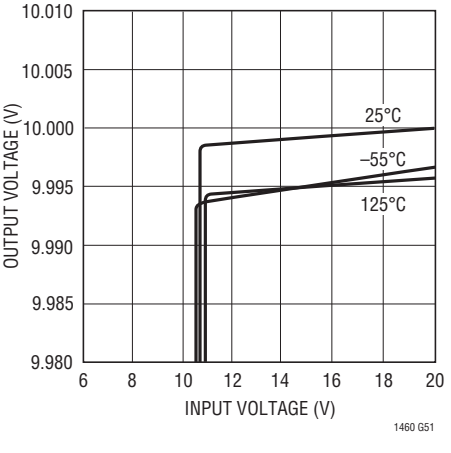
LT1460S3-10Vの出力電圧の温度ドリフト



LT1460S3-10Vの消費電流と入力電圧



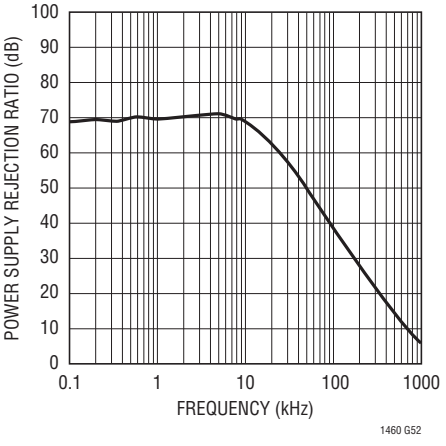
LT1460S3-10Vのライン・レギュレーション



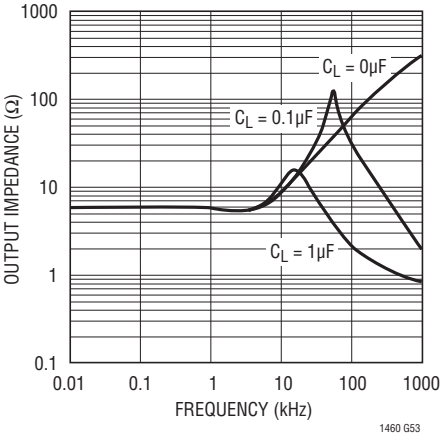
標準的性能特性

LT1460S3の全ての電圧オプションで特性曲線は類似している。LT1460S3-2.5およびLT1460S3-10の曲線は電圧オプションの両極端を表している。他の出力電圧の特性曲線はこれらの曲線の間に位置し、それらの電圧出力に基づいて推定することができる。

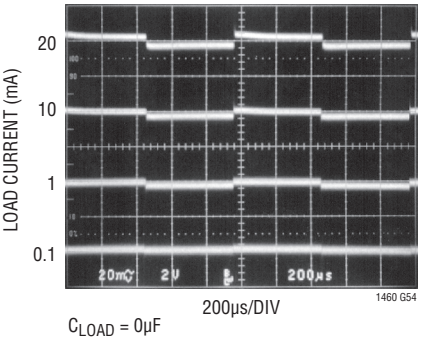
LT1460S3-10Vの電源除去比と周波数



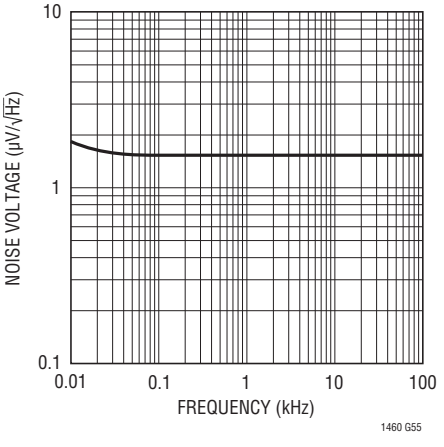
LT1460S3-10Vの出力インピーダンスと周波数



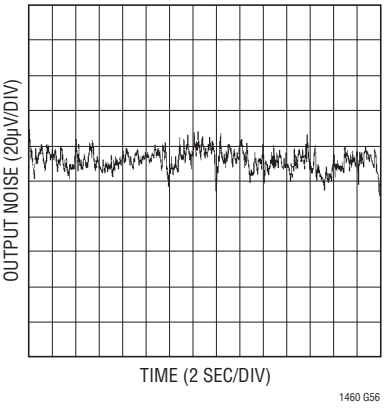
LT1460S3-10Vの過渡応答



LT1460S3-10Vの出力電圧ノイズのスペクトル



LT1460S3-10Vの0.1Hz～10Hz出力ノイズ



アプリケーション情報

バッテリ寿命の延長

旧来のシャント方式のリファレンスに比べて、シリーズ・リファレンスには大きな利点があります。シャント・リファレンスを動作させるには電源から接続した抵抗が必要です。この抵抗は安定化される回路によって要求される可能性のある最大電流を供給するように選択する必要があります。制御される回路がこの最大電流で動作していないとき、シャント・リファレンスが常にこの電流をシンクする必要があるので電力損失が大きくなり、バッテリの寿命が短くなります。

LT1460シリーズ・リファレンスは電流設定抵抗を必要とせず、V_{OUT}+0.9V～20Vのどんな電源電圧でも動作可能です。安定化される回路が電流を必要としないとき、LT1460はその電力損失を減らし、バッテリの寿命を延ばします。リファレンスが負荷電流を供給しないときその電力損失はわずか数mWですが、必要なときは同じ構成で20mAの負荷電流を供給することができます。

容量性負荷

LT1460は容量性負荷で安定するように設計されています。容量性負荷がないと、PCボードのスペースが強く制約されているか、または利用可能な容量が限定されている、高速でセトリングするアプリケーションにこのリファレンスは最適です。

図1に示されているLT1460-2.5のテスト回路を使って、様々な負荷電流と負荷コンデンサでの応答時間を測定しました。2.5Vから1.5Vへの1Vステップにより、R_L = 1kまたはR_L = 10kでは、それぞれ1mAまたは100μAの電流ステップが生じます。負荷容量のない状態でのリファレンスの応答を図2に示します。

リファレンスは100μAのステップでは1μs以内に2.5mV（0.1%）にセトリングし、1mAのステップでは1.5μs以内に0.1%にセトリングします。負荷容量が0.01μFより大きいと、それと出力インピーダンスが形成するポールによってリファレンスにはリンギングが生じ始めます。負荷コンデンサが0.01μFのときの、1mAおよび100μAの負荷電流ステップに対するリファレンスの応答を図3に示します。わずか200μAのDC負荷ではリンギングを大きく減らすことができます。出力コンデンサが大きいとき（1μF以上）、図4に示されているように、リファレンスの出力に直列に小さな抵抗を使ってリンギングを減らすことができます。R_S = 2ΩおよびC_L = 1μFのときのLT1460-2.5の応答を図5に示します。R_Sが大きすぎると負荷レギュレーションが制限されるのでR_Sを大きくしすぎないようにします。

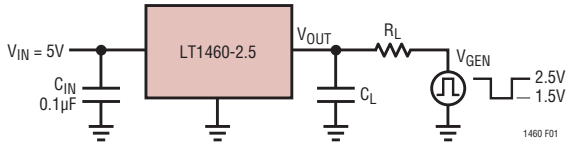


図1. 応答時間のテスト回路

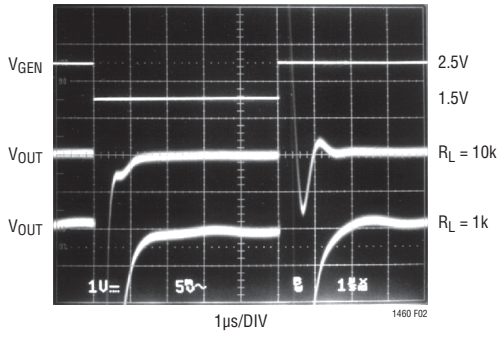


図2. C_L = 0

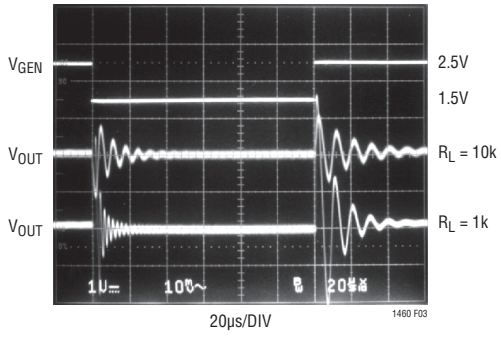


図3. C_L = 0.01μF

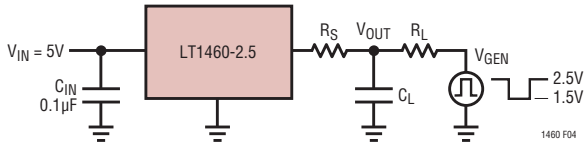


図4. 絶縁抵抗のテスト回路

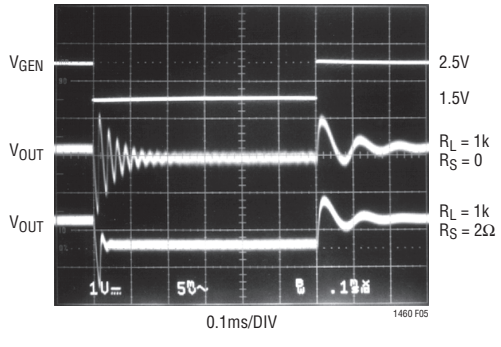


図5. C_L = 1μFのときのR_Sの影響

アプリケーション情報

LT1460-5の応答を図6〜図8に示します。5Vから4Vへの1Vステップにより、R_L = 1kまたはR_L = 10kのときそれぞれ1mAまたは100μAの電流ステップが生じます。負荷容量のない状態でのリファレンスの応答を図7に示します。

リファレンスは100μAのステップでは2μs以内に5mV(0.1%)にセトリングし、1mAのステップでは3μs以内に0.1%にセトリングします。負荷容量が0.01μFより大きいと、それと出力インピーダンスが形成するポールによってリファレンスにはリンギングが生じ始めます。負荷コンデンサが0.01μFのときの、1mAおよび100μAの負荷電流ステップに対するリファレンスの応答を図8に示します。LT1460-10の応答を図9〜図11に示します。10Vから9Vへの1Vステップにより、R_L = 1kまたはR_L = 10kのときそれぞれ1mAまたは100μAの電流ステップが生じます。負荷容量のない状態でのリファレンスの応答を図10に示します。

リファレンスは100μAのステップでは0.4μs以内に10mV(0.1%)にセトリングし、1mAのステップでは0.8μs以内に0.1%にセトリングします。負荷容量が0.01μFより大きいと、それと出力インピーダンスが形成するポールによってリファレンスにはリンギングが生じ始めます。負荷コンデンサが0.01μFのときの、1mAおよび100μAの負荷電流ステップに対するリファレンスの応答を図11に示します。

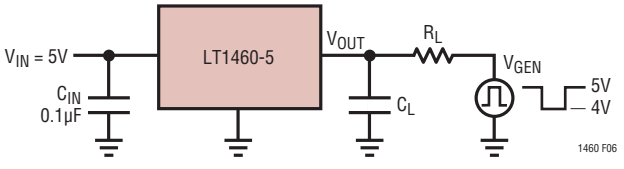


図6. 応答時間のテスト回路

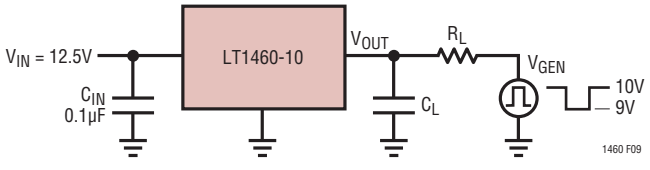


図9. 応答時間のテスト回路

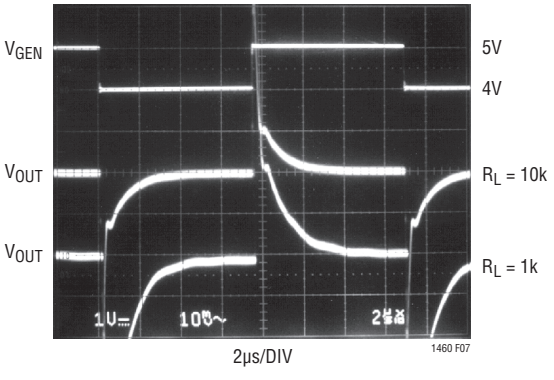


図7. C_L = 0

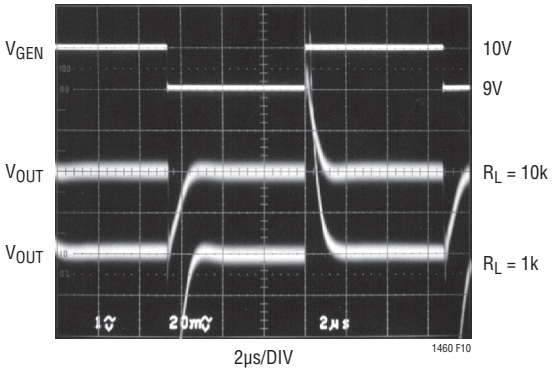


図10. C_L = 0

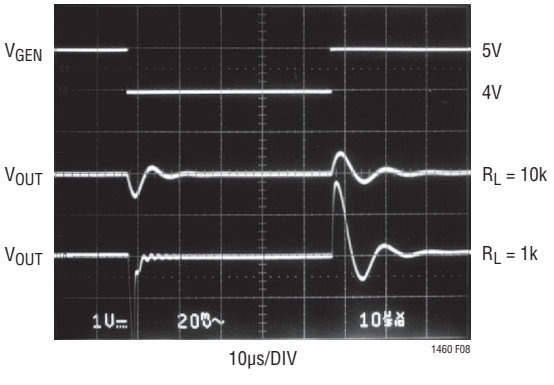


図8. C_L = 0.01μF

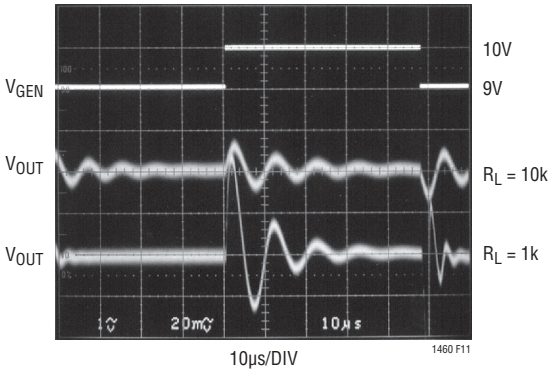


図11. C_L = 0.01μF

アプリケーション情報

LT1460S3ファミリーのリファレンスは広い範囲の容量性負荷で安定するように設計されています。容量性負荷がない場合、これらのリファレンスは高速でセトリングするアプリケーションまたはPCボードのスペースが強く制約されているアプリケーションに最適です。図12に示されているテスト回路を使って、様々な負荷電流と負荷コンデンサでの応答時間と安定性を測定しました。この回路は2.5Vオプション用に設定されています。他の電圧オプションの場合、それに応じて入力電圧を上げ、出力電圧発生器のオフセット電圧を調整する必要があります。2.5Vから1.5Vへの1Vステップにより、R_L = 100ΩまたはR_L = 1kでは、それぞれ10mAまたは1mAの電流ステップが生じます。負荷容量がないときのこれらの1mAおよび10mAの負荷ステップに対するリファレンスの応答を図13に示します。0.1μFの出力コンデンサを使ったときの1mAおよび10mAの負荷ステップに対する応答を図14に示します。C_L = 1μFおよび4.7μFのときの1mA負荷ステップに対する応答を図15に示します。

LT1460S3バージョンの周波数補償は他のパッケージの場合と少し異なります。アプリケーション回路の負荷容量の選択ではさらに注意が必要です。

LT1460S3の様々な負荷電流と出力電圧での、不安定にしないための最大出力容量を表1に示します。有極アルミ電解コンデンサやタンタル・コンデンサなどのESR（等価直列抵抗）の大きなコンデンサに比べて、ESRの小さな負荷コンデンサは大きなリンギングを生じます。

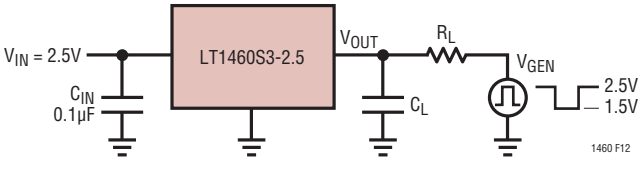


図12. 応答時間のテスト回路

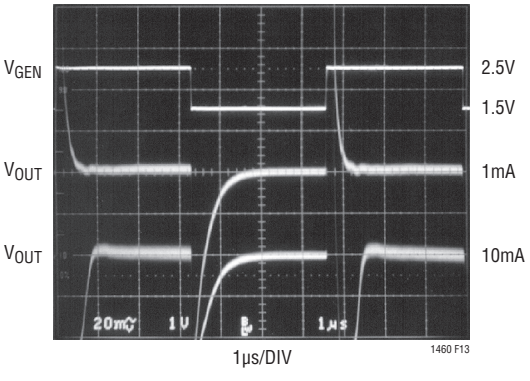


図13. C_L = 0μF

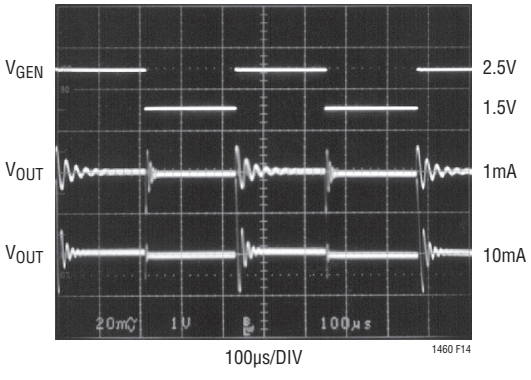


図14. C_L = 0.1μF

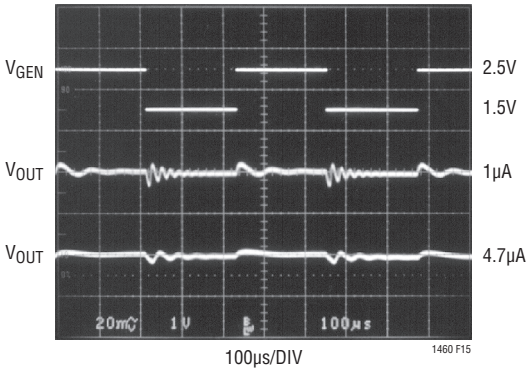


図15. I_{OUT} = 1mA

アプリケーション情報

表1. LT1460S3の最大出力容量

電圧オプション	I_{OUT} = 100μA	I_{OUT} = 1mA	I_{OUT} = 10mA	I_{OUT} = 20mA
2.5V	>10μF	>10μF	2μF	0.68μF
3V	>10μF	>10μF	2μF	0.68μF
3.3V	>10μF	>10μF	1μF	0.68μF
5V	>10μF	>10μF	1μF	0.68μF
10V	>10μF	1μF	0.15μF	0.1μF

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。LT1460S3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100個を超えるデバイスを使って得られました。基板をT_A = 30°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。LT1460S3の標準的長期ドリフトを図16に示します。

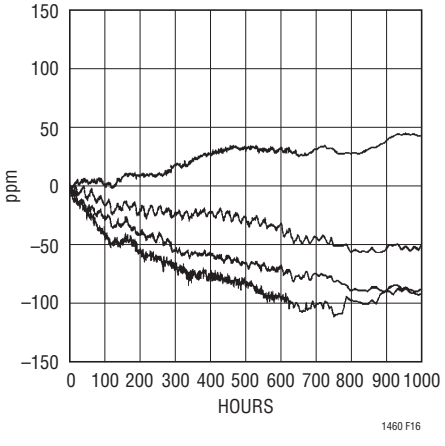


図16. 標準的長期ドリフト

ヒステリシス

図17と図18に示されているヒステリシス・データは、0°C～70°Cおよび–40°C～85°Cでデバイスに対して測定されたワーストケースのデータを表しています。このデバイスは比較的高い電力（つまり、LT1460S3-2.5の場合、PD = 17.5V • 20mA = 350mW）を消費することができます。SOT-23パッケージの熱抵抗は325°C/Wであり、この電力損失により内部温度が114°C上昇し、接合部温度T_Jは25°C＋114°C = 139°Cになります。この温度上昇による熱ヒステリシスにより出力がシフトします。**高精度アプリケーションで最高性能を得るには、LT1460S3の接合部温度が85°Cを超えないようにします。**

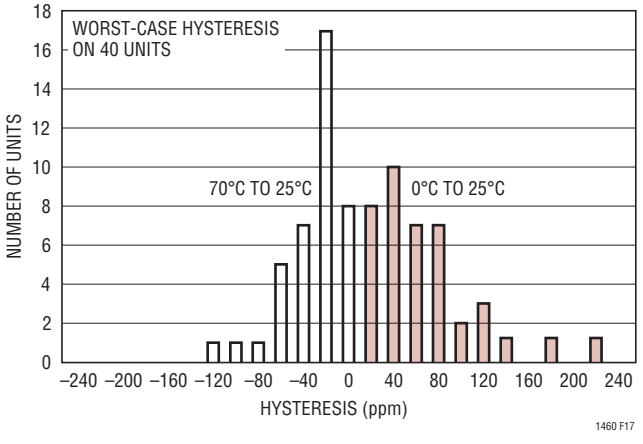


図17. 0°C～70°Cのヒステリシス

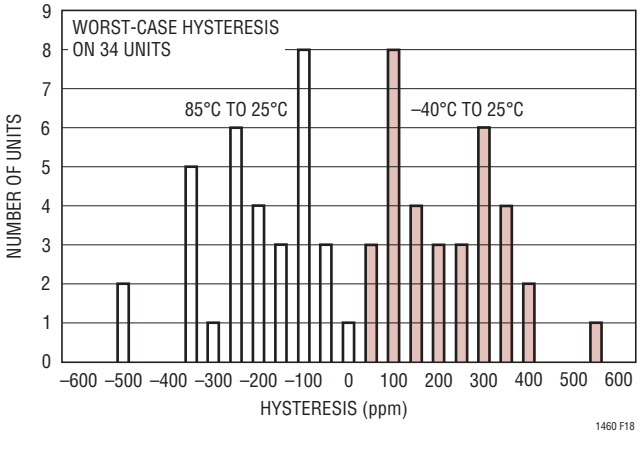


図18. –40°C～85°Cのヒステリシス

アプリケーション情報

入力容量

0.1μF以上のコンデンサをLT1460の入力ピンに追加することを推奨します。これは、大きな負荷電流が必要なとき安定性を増すのに役立ちます。

出力精度

シリーズとシャントのどちらも含めて全てのリファレンスと同様、LT1460-2.5の誤差の内訳は主に3つの要素（初期精度、温度係数、および負荷レギュレーション）から成ります。ライン・レギュレーションは一般にわずか30ppm/V（つまり1Vの入力変化に対して75μV）しか寄与しないので無視されます。LT1460-2.5はPCBに半田付けされたとき一般に0.01%未満しかシフトしないので、これも無視されます（「PCボードのレイアウト」のセクションを参照）。100μAの負荷で0°C～70°Cの温度範囲の出力誤差は以下のように計算されます。

LT1460AC

初期精度 = 0.075%

I_O = 100μAで、計算にLT1460-2.5を使うと次のようになります。

$$\Delta V_{OUT} = \left(\frac{3500ppm}{mA}\right)(0.1mA)(2.5V) = 875\mu V$$

これは0.035%です。

0°C～70°Cの温度範囲ではΔT = 70°Cであり、次のようになります。

$$\Delta V_{OUT} = \left(\frac{10ppm}{°C}\right)(70°C)(2.5V) = 1.75mV$$

これは0.07%です。

合計ワーストケース出力誤差は次のようになります。

0.075%＋0.035%＋0.070% = 0.180%.

LT1460AC、CC、DC、FC、GCの0°C～70°CのワーストケースLT1460BI、EI、GIの−40°C～85°Cのワーストケース精度を表1に示します。

LT1460-5およびLT1460-10の精度はそれぞれの出力電圧に対する比としては同じであることに注意してください。

PCボードのレイアウト

初期精度と温度係数の較正がなされている13ビット～16ビットのシステムでは、（たとえば、カードケージ内の）PCボードの機械的応力と熱応力によって出力電圧がシフトし、リファレンスの真の温度係数が隠されることがあります。さらに、デバイスの基板への半田付けによる機械的応力が出力電圧を理想値からシフトさせることがあります。表面実装型電圧リファレンス（MS8およびS8）は、リードフレームを保持するのに使われるプラスチックが少量なので、PCボードの応力に対して最も影響を受けやすくなります。

応力に関連したシフトを改善する簡単な方法として、PCボード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。ボードの縁は、ボードのたわみが最小になる応力境界または領域として働きます。パッケージではなくリードが常に応力を吸収するようにパッケージを実装します。パッケージは一般に、図20aに示されているように、リードがPCボードの長辺に垂直になるように揃えます。

電圧リファレンスに対する応力の影響を数量的に評価する手法として、デバイスをPCボードに半田付けして、図19に示されているように、ボードを一定量だけ変形させます。

図2. 温度範囲にわたるワーストケースの出力精度

I_{OUT}	LT1460AC	LT1460BI	LT1460CC	LT1460DC	LT1460EI	LT1460FC	LT1460GC	LT1460GI	LT1460HC	LT1460JC	LT1460KC
0	0.145%	0.225%	0.205%	0.240%	0.375%	0.325%	0.425%	0.562%	0.340%	0.540%	0.850%
100μA	0.180%	0.260%	0.240%	0.275%	0.410%	0.360%	0.460%	0.597%	0.380%	0.580%	0.890%
10mA	0.325%	0.405%	0.385%	0.420%	0.555%	0.505%	0.605%	0.742%	0.640%	0.840%	1.15%
20mA	0.425%	N/A	0.485%	0.520%	N/A	0.605%	0.705%	N/A	0.540%	0.740%	1.05%

アプリケーション情報

湾曲#1はたわみなしを表し、湾曲#2は凹面への変形、湾曲#3はたわみなしへの回復、さらに、湾曲#4は凸面への変形を表します。この変形を多数回繰り返し、相対的出力変動を記録します。図20aに示されている結果は、垂直方向に実装された2個のLT1460S8-2.5のもので、図20bは水平方向に実装された2個のLT1460S8-2.5のものです。図20aの向きのデバイスの場合、応力がリード内で吸収されるのでパッケージに加わる応力が減少します。図20aと図20bは125μVおよび250μVの変動を示しており、それぞれ50ppmと100ppmの変化に相当します。これは13ビットから14ビットのシステムに相当し、システムが較正機能を備えていない限り、ほとんどの10ビットから12ビットのシステムでは問題ではありません。この場合、温度ヒステリシスの場合と同様、この低いレベルが重要になることがあり、さらに注意深い手法が必要になります。

PCボードの応力を改善する最も効果的な手法は、リファレンスの周囲にスロットを切って張力を除去することです。これらのスロットはリファレンスの3つの側に切り、リードは4番目の側で外に出すことができます。PCボード材のこの「舌」を基板の長辺方向に向けて、リファレンスに伝わる応力をさらに減らすことができます。

図20aと図20bのPCボードにスロットを切った結果を図21aと図21bに示します。この例では、スロットにより、出力のシフトを約100ppmからゼロ近くまで改善することができます。

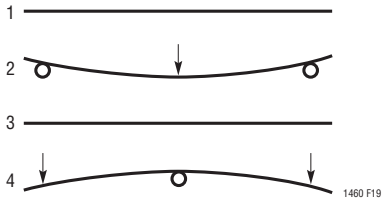


図19. 湾曲番号

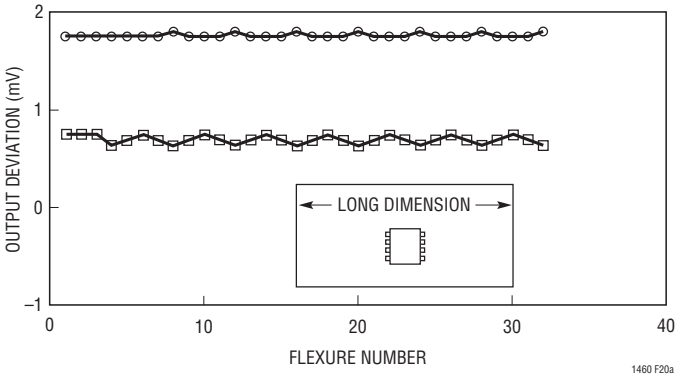


図20a. 2個の標準的LT1460S8-2.5、垂直方向でスロットなし

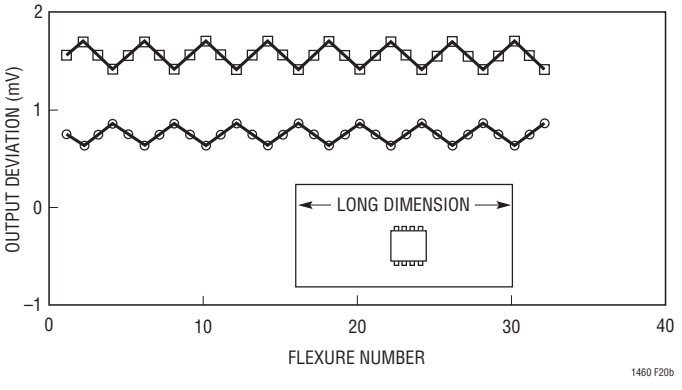


図20b. 2個の標準的LT1460S8-2.5、水平方向でスロットなし

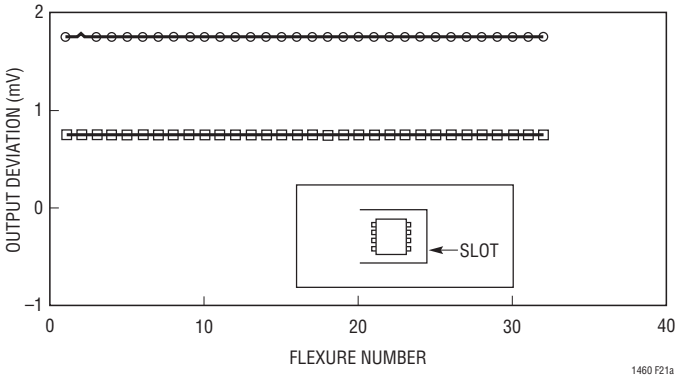


図21a. 図20aの同じ2個の標準的LT1460S8-2.5だが、スロットあり

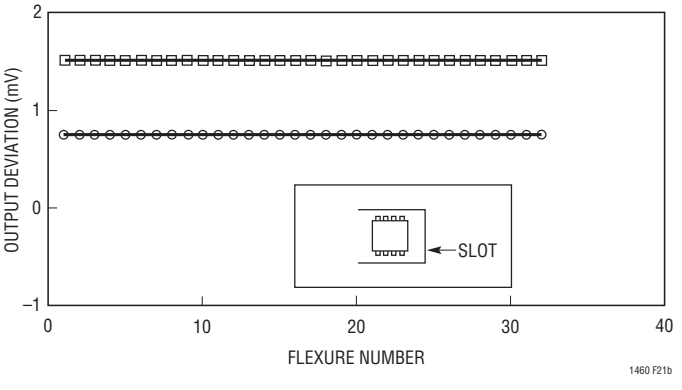
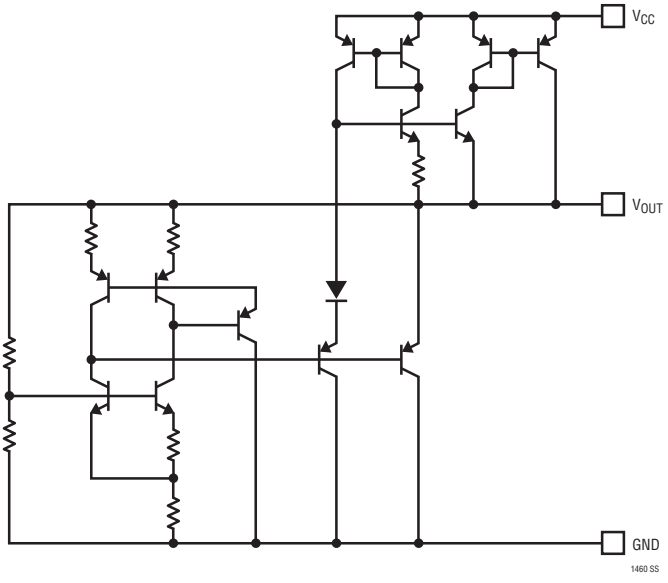


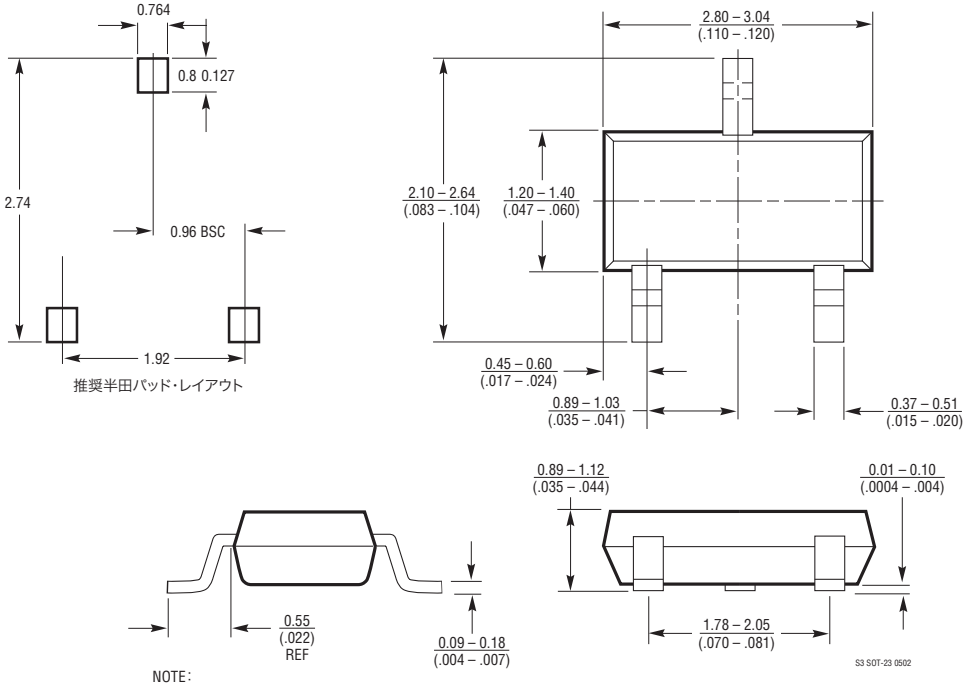
図21b. 図20bの同じ2個の標準的LT1460S8-2.5だが、スロットあり

簡略回路図



パッケージ

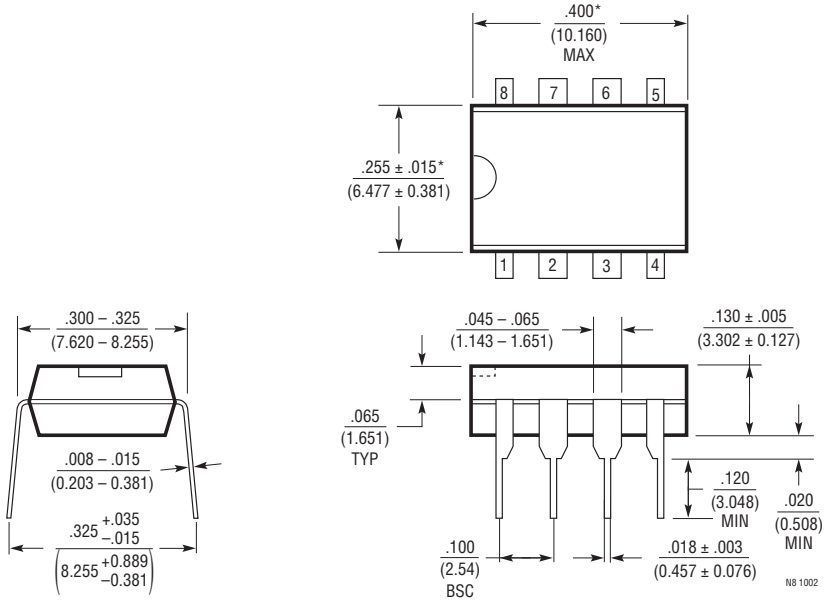
S3パッケージ
3ピン・プラスチックSOT-23
(Reference LTC DWG # 05-08-1631)



NOTE:
1. 標準寸法:ミリメートル
2. 寸法は ミリメートル/(インチ)
3. 図は実寸とは異なる
4. 寸法には半田を含む
5. 寸法にはモールドのバリやメタルのバリを含まない
6. モールドのバリは0.254mmを越えてはならない
7. JEDECパッケージ参照番号はMO-236のバリエーションABである

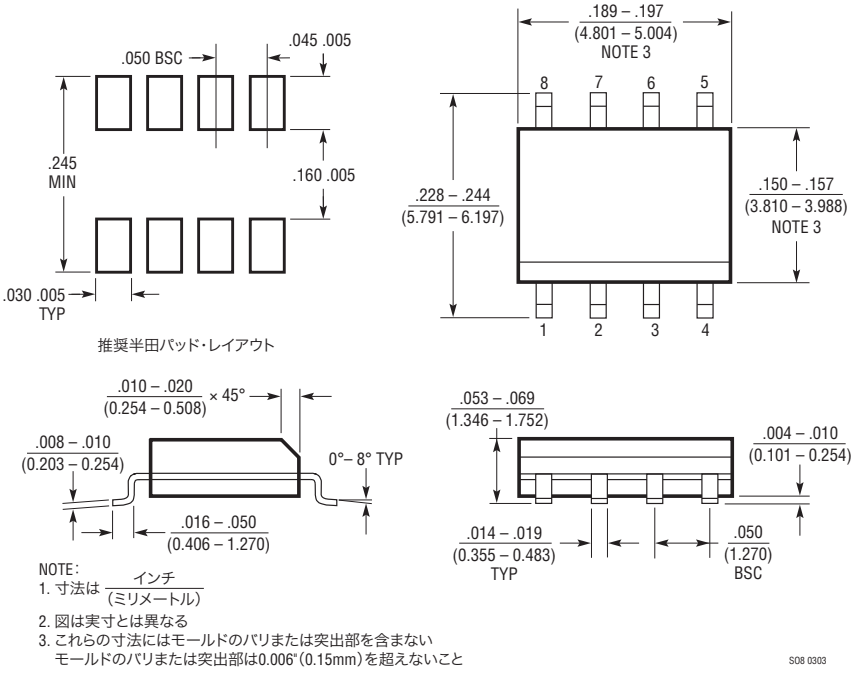
パッケージ

N8パッケージ
8ピンPDIP（細型0.300インチ）
（Reference LTC DWG # 05-08-1510）



NOTE:
1. 寸法は $\frac{\text{インチ}}{\text{ミリメートル}}$
*これらの寸法にはモールドのバリまたは突出部を含まない
モールドのバリまたは突出部は0.010"（0.254mm）を超えないこと

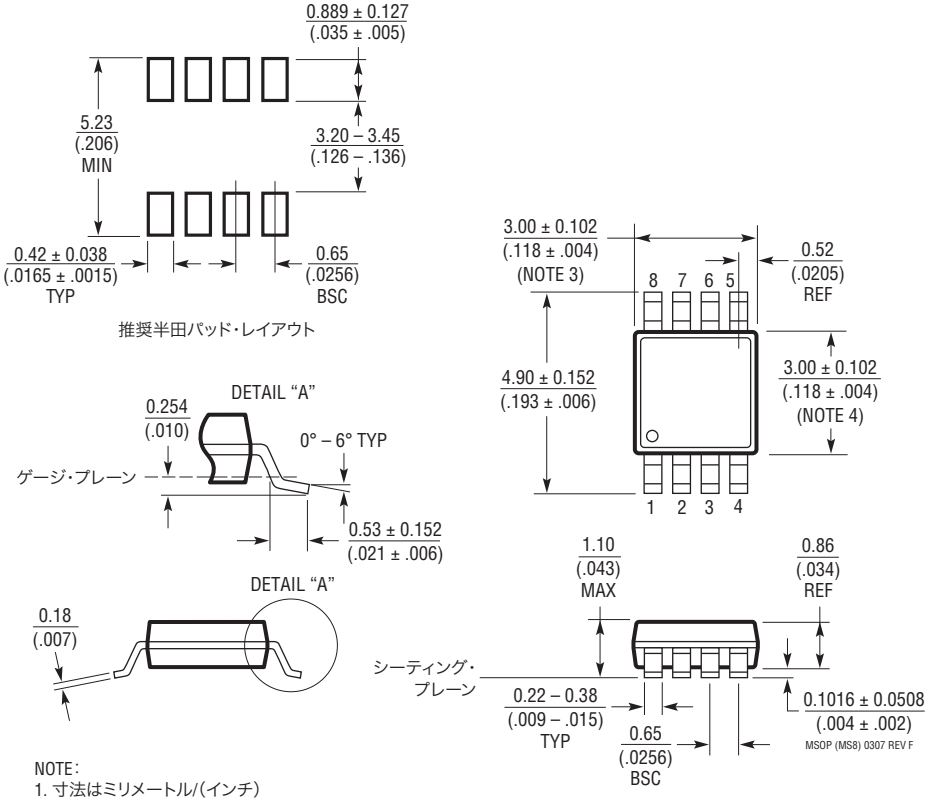
S8パッケージ
8ピン・プラスチック・スモール・アウトライン（細型0.150インチ）
（Reference LTC DWG # 05-08-1610）



NOTE:
1. 寸法は $\frac{\text{インチ}}{\text{（ミリメートル）}}$
2. 図は実寸とは異なる
3. これらの寸法にはモールドのバリまたは突出部を含まない
モールドのバリまたは突出部は0.006"（0.15mm）を超えないこと

パッケージ

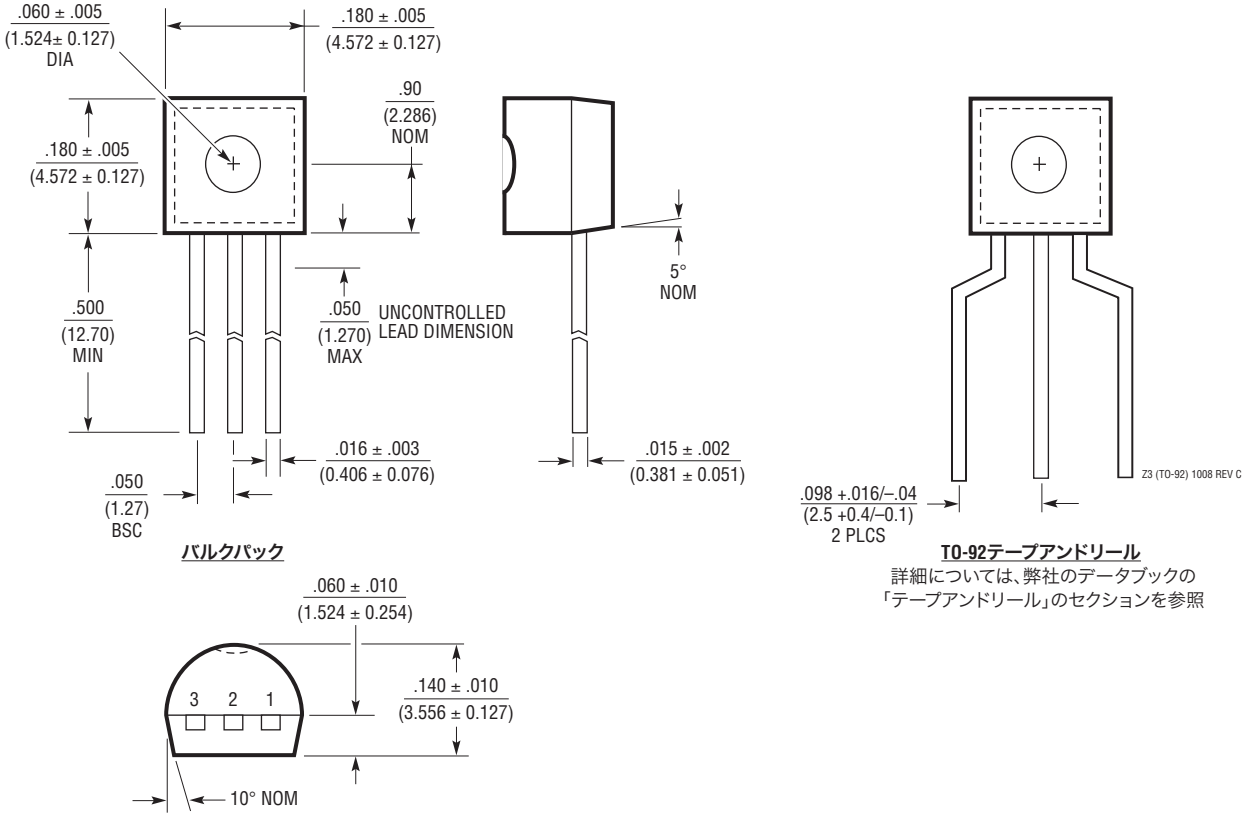
MS8パッケージ
8ピン・プラスチックMSOP
(Reference LTC DWG # 05-08-1660 Rev F)



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(整形後のリードの底面)は最大0.102mm (0.004") であること

パッケージ

Zパッケージ
3ピン・プラスチックTO-92（TO-226に類似）
（Reference LTC DWG # 05-08-1410 Rev C）



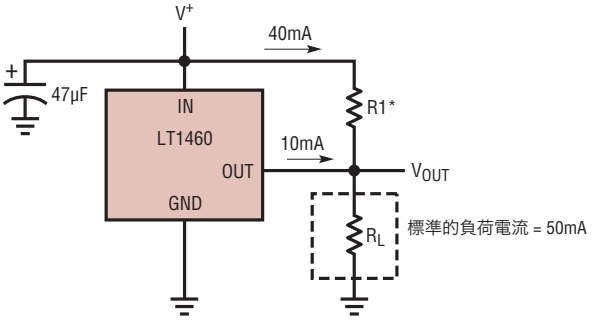
改訂履歴 （Rev Cよりスタート）

Rev	日付	概要	ページ番号
C	3/10	S3パッケージのθ_{JA}を325°Cから228°Cに変更	2

リニアテクノロジー・コーポレーションがここで提供する情報は正確かつ信頼できるものと考えておりますが、その使用に関する責務は一切負いません。また、ここに記載された回路結線と既存特許とのいかなる関連についても一切関知いたしません。なお、日本語の資料はあくまでも参考資料です。訂正、変更、改版に追従していない場合があります。最終的な確認は必ず最新の英語版データシートでお願いいたします。

標準的応用例

高負荷電流の扱い方

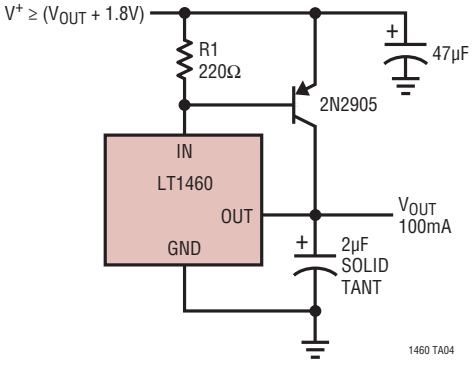


* 標準負荷電流の80%を供給するようにR1を選択すると、
LT1460は必要に応じて電流をソースし、適切な出力を維持する。
負荷を取り去ると出力が安定化されないで高い電圧に
ドライブされるので負荷を取り去ってはならない。
このアプリケーションではライン・レギュレーションが低下する。

$$R1 = \frac{V^+ - V_{OUT}}{40mA}$$

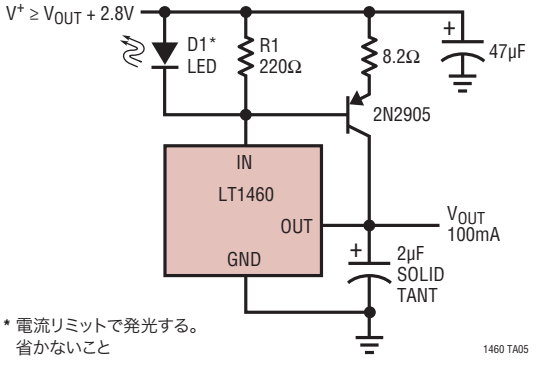
1460 TA03

電流制限なしのブースト出力電流



1460 TA04

電流制限付きのブースト出力電流



* 電流リミットで発光する。
省かないこと

1460 TA05

関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1019	高精度バンドギャップ・リファレンス	最大0.05%、最大5ppm/°C
LT1027	高精度5Vリファレンス	0.02%、最大2ppm/°C
LT1236	高精度、低ノイズ・リファレンス	最大0.05%、最大5ppm/°C、SOパッケージ
LT1461	マイクロパワー、高精度、低損失シリーズ・リファレンス	最大0.04%、最大3ppm/°C、50mAの出力電流
LT1634	マイクロパワー高精度シャント・リファレンス(1.25V、2.5V出力)	0.05%、最大25ppm/°C
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、60µAの消費電流、SOT23パッケージ
LTC®1798	マイクロパワー低損失リファレンス、固定または可変	最大0.15%、最大40ppm/°C、消費電流:最大6.5µA
LTC6652	低ドリフト、低ノイズのバッファ付きリファレンス	精度:0.05%、ドリフト:5ppm/°C、ノイズ:2.1ppm(0.1Hz〜10Hz)
LT6660	小型マイクロパワー高精度シリーズ・リファレンス	最大0.075%、最大20ppm/°C、20mAの出力電流、2mm×2mm DFNパッケージ

リニアテクノロジー株式会社
〒102-0094 東京都千代田区紀尾井町3-6紀尾井町パークビル8F
TEL 03-5226-7291• FAX 03-5226-0268 • www.linear-tech.co.jp

LT 0310 REV C • PRINTED IN JAPAN

© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2006