

## 特長

- プログラム可能な2端子電流源
- 最大出力電流: 200mA
- 広い入力電圧範囲: 1.2V~40V
- 入力/出力コンデンサが不要
- 抵抗比により出力電流を設定
- SETピン電流の初期精度: 1%
- 逆電圧保護
- 逆電流保護
- ラインレギュレーション: <math><0.001\%/V</math> (標準)
- 電流制限およびサーマルシャットダウン
- 8ピンSOT-23、3ピンSOT-223、  
8ピン3mm × 3mm DFN パッケージ

## アプリケーション

- 2端子フローティング電流源
- GND 基準の電流源
- 可変電流源
- インラインリミッタ
- 本質安全回路

## 概要

LT<sup>®</sup>3092はプログラム可能な2端子電流源です。このデバイスは2本の抵抗のみで0.5mA~200mA範囲の出力電流を設定できます。数々のアナログ技術により、出力電流をアクティブに設定できます。LT3092は入出力コンデンサなしで安定し、高いDCおよびACインピーダンスを実現するので、本質安全アプリケーションで動作可能です。

SETピンは1%の初期精度と低い温度係数を特長としています。1.5V~40Vでの電流レギュレーションは10ppm/Vよりも良好です。

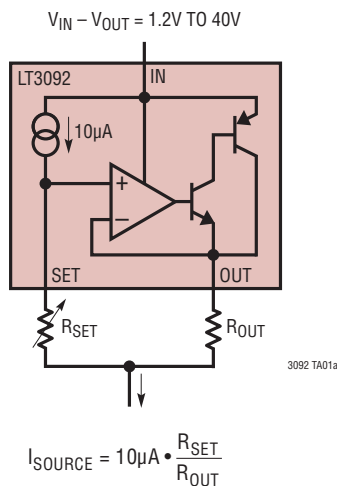
LT3092は信号線と直列に接続して2端子電流源構成で動作可能です。センサのドライブ、リモート電源に加え、ローカル電源用の高精度電流リミッタに最適です。

内部保護回路には、逆バッテリーおよび逆電流保護、電流制限、熱制限などがあります。LT3092は8ピンTSOT-23、3ピンSOT-223および8ピン3mm × 3mm DFNパッケージで供給されます。

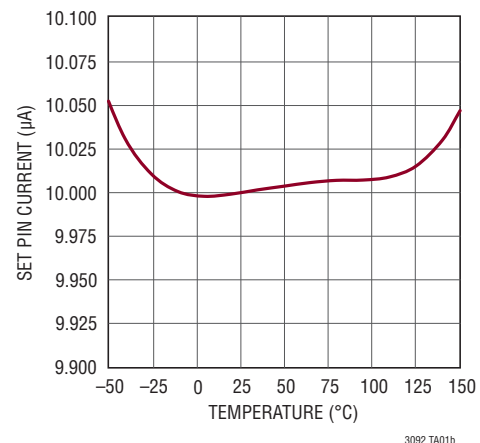
LT、LT、LTC、LTM、Linear TechnologyおよびLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

## 標準的応用例

調整可能な2端子電流源



SETピン電流と温度



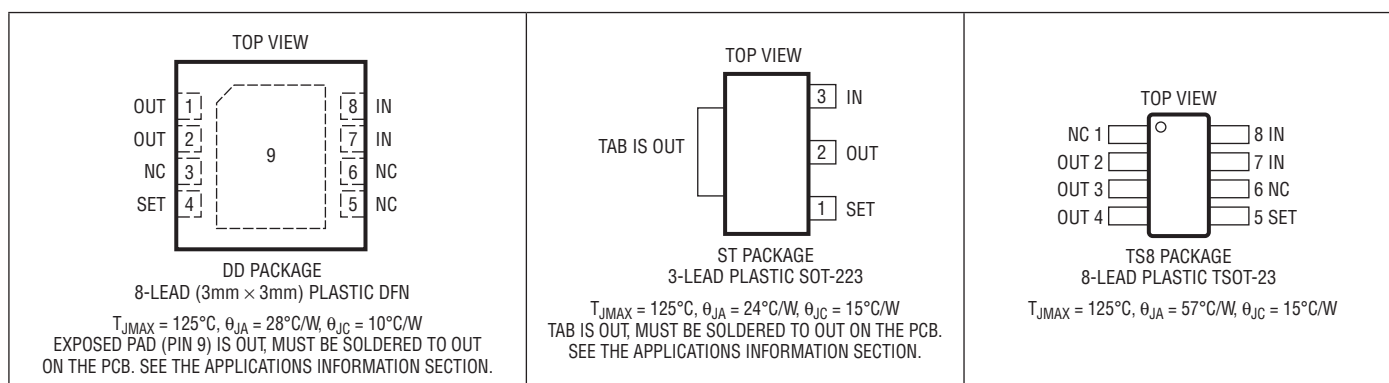
# LT3092

## 絶対最大定格 (Note 1)全ての電圧はV<sub>OUT</sub>を基準

SET、OUTを基準としたINピンの電圧.....	±40V
SETピンの電流(Note 6) .....	±15mA
SETピンの電圧 (OUTを基準、Note 6) .....	±10V
出力短絡時間 .....	無制限

動作接合部温度範囲(Note 2、Note 8)	
Eグレード、Iグレード .....	-40°C~125°C
MPグレード .....	-55°C~125°C
保存温度範囲.....	-65°C~150°C
リード温度 (STパッケージ、TS8パッケージのみ)	
半田付け、10秒 .....	300°C

## ピン配置



## 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	温度範囲
LT3092EDD#PBF	LT3092EDD#TRPBF	LFJD	8-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3092IDD#PBF	LT3092IDD#TRPBF	LFJD	8-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3092EST#PBF	LT3092EST#TRPBF	3092	3-Lead Plastic SOT-223	-40°C to 125°C
LT3092IST#PBF	LT3092IST#TRPBF	3092	3-Lead Plastic SOT-223	-40°C to 125°C
LT3092MPST#PBF	LT3092MPST#TRPBF	3092MP	3-Lead Plastic SOT-223	-55°C to 125°C
LT3092ETS8#PBF	LT3092ETS8#TRPBF	LTFJW	8-Lead Plastic SOT-23	-40°C to 125°C
LT3092ITS8#PBF	LT3092ITS8#TRPBF	LTFJW	8-Lead Plastic SOT-23	-40°C to 125°C
鉛ベース仕様	テープアンドリール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LT3092EDD	LT3092EDD#TR	LFJD	8-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3092IDD	LT3092IDD#TR	LFJD	8-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3092EST	LT3092EST#TR	3092	3-Lead Plastic SOT-223	-40°C to 125°C
LT3092IST	LT3092IST#TR	3092	3-Lead Plastic SOT-223	-40°C to 125°C
LT3092MPST	LT3092MPST#TR	3092MP	3-Lead Plastic SOT-223	-55°C to 125°C
LT3092ETS8	LT3092ETS8#TR	LTFJW	8-Lead Plastic SOT-23	-40°C to 125°C
LT3092ITS8	LT3092ITS8#TR	LTFJW	8-Lead Plastic SOT-23	-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。

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/tapeandreeel/> をご覧ください。

## 電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_J = 25^\circ\text{C}$ での値。(Note 2)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SET Pin Current	$I_{SET}$ $V_{IN} = 2V, I_{LOAD} = 1mA$ $2V \leq V_{IN} \leq 40V, 1mA \leq I_{LOAD} \leq 200mA$	9.9 9.8	10 10	10.1 10.2	$\mu A$ $\mu A$
Offset Voltage ( $V_{OUT} - V_{SET}$ )	$V_{OS}$ $V_{IN} = 2V, I_{LOAD} = 1mA$ $V_{IN} = 2V, I_{LOAD} = 1mA$	-2 -4		2 4	mV mV
Current Regulation (Note 7)	$\Delta I_{SET}$ $\Delta V_{OS}$ $\Delta I_{LOAD} = 1mA \text{ to } 200mA$ $\Delta I_{LOAD} = 1mA \text{ to } 200mA$		-0.1 -0.5		nA mV
Line Regulation	$\Delta I_{SET}$ $\Delta V_{OS}$ $\Delta V_{IN} = 2V \text{ to } 40V, I_{LOAD} = 1mA$ $\Delta V_{IN} = 2V \text{ to } 40V, I_{LOAD} = 1mA$		0.03 0.003	0.2 0.010	nA/V mV/V
Minimum Load Current (Note 3)	$2V \leq V_{IN} \leq 40V$		300	500	$\mu A$
Dropout Voltage (Note 4)	$I_{LOAD} = 10mA$ $I_{LOAD} = 200mA$		1.22 1.3	1.45 1.65	V V
Current Limit	$V_{IN} = 5V, V_{SET} = 0V, V_{OUT} = -0.1V$		200	300	mA
Reference Current RMS Output Noise (Note 5)	$10Hz \leq f \leq 100kHz$		0.7		nA <sub>RMS</sub>
Ripple Rejection	$f = 120Hz, V_{RIPPLE} = 0.5V_{P-P}, I_{LOAD} = 0.1A,$ $C_{SET} = 0.1\mu F, C_{OUT} = 2.2\mu F$ $f = 10kHz$ $f = 1MHz$		90 75 20		dB dB dB
Thermal Regulation	$I_{SET}$ 10ms Pulse		0.003		%/W

**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:** 注記がない限り、全ての電圧は $V_{OUT}$ を基準にしている。LT3092Eは $T_J$ がほぼ $T_A$ に等しいなどのパルス負荷条件のもとでテストされ、仕様が規定されている。LT3092Eは $T_A = 25^\circ\text{C}$ で全数テストされている。 $-40^\circ\text{C}$ と $125^\circ\text{C}$ の温度での性能は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LT3092Iは $-40^\circ\text{C}$ ~ $125^\circ\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で規定された全データシートの仕様に適合することが保証されている。LT3092MPIは $-55^\circ\text{C}$ ~ $125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲で全数テストされ、保証されている。

**Note 3:** 最小負荷電流はデバイスの消費電流に相当する。全ての消費電流とドライブ電流はデバイスの出力に供給されるので、最小負荷電流は安定化を維持するのに必要な最小電流である。

**Note 4:** LT3092の場合、Dropoutは所定の出力電流を供給するのに必要な最小入力-出力間電圧差として規定されている。

**Note 5:** 出力ノイズは、リファレンス電流抵抗の両端に小容量のコンデンサを追加することによって減少する。このコンデンサの追加により、抵抗のショット・ノイズとリファレンス電流ノイズがバイパスされる(「アプリケーション情報」を参照)。

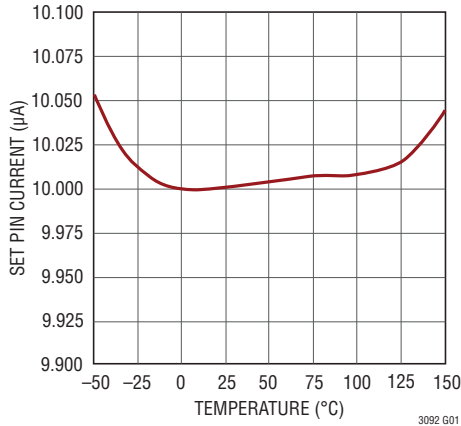
**Note 6:** SETピンは、1k抵抗と直列接続されたダイオードOUTピンによってクランプされる。これらのダイオードと抵抗には、過渡的な過負荷状態のときだけ電流が流れる。

**Note 7:** 電流レギュレーションはパッケージでケルビン検出される。

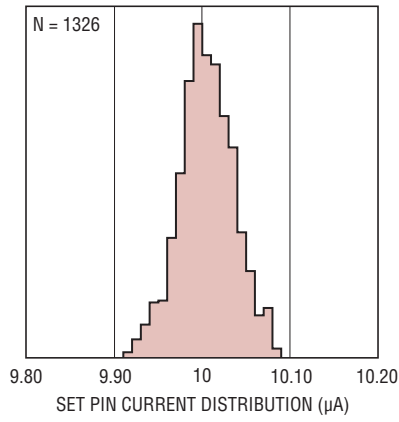
**Note 8:** このデバイスには、短時間の過負荷状態の間デバイスを保護する過温度保護機能が備わっている。過温度保護機能がアクティブなとき、接合部温度は最大動作接合部温度を超える。規定された最大動作接合部温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なう恐れがある。

## 標準的性能特性

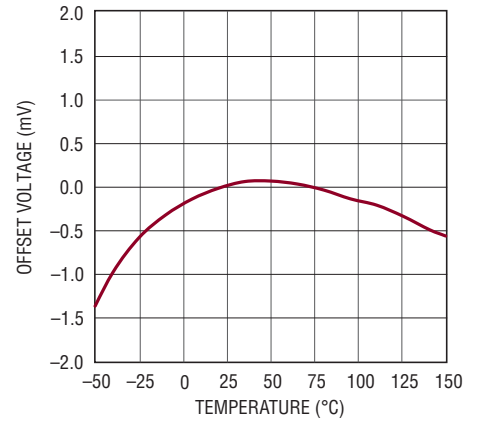
SETピンの電流



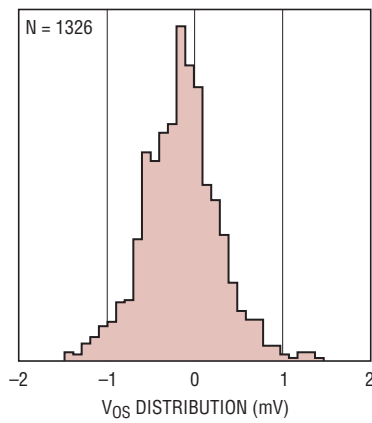
SETピンの電流の分布



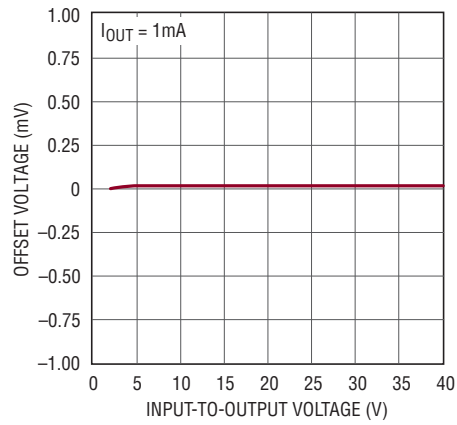
オフセット電圧( $V_{OUT}-V_{SET}$ )



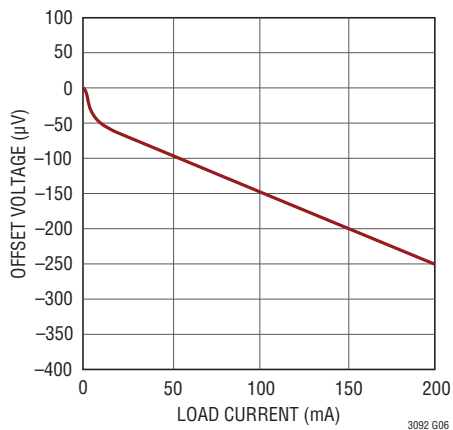
オフセットの分布



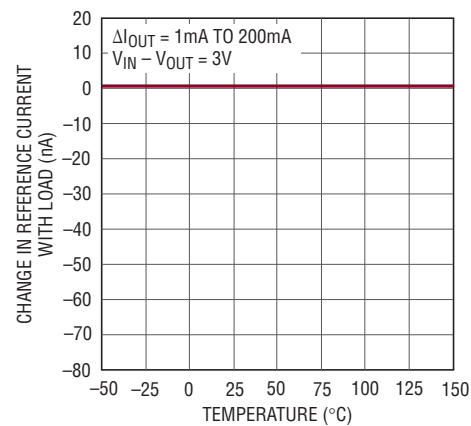
オフセット電圧



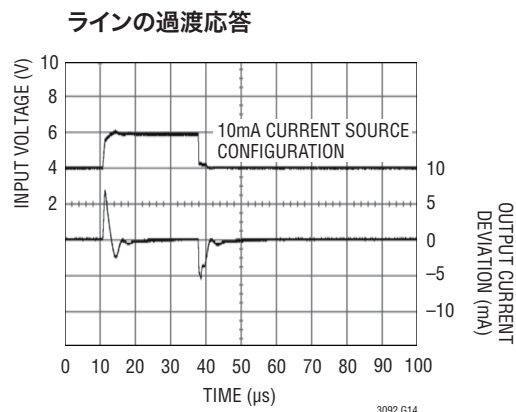
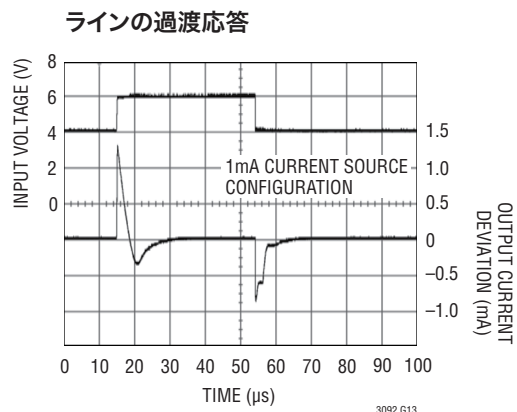
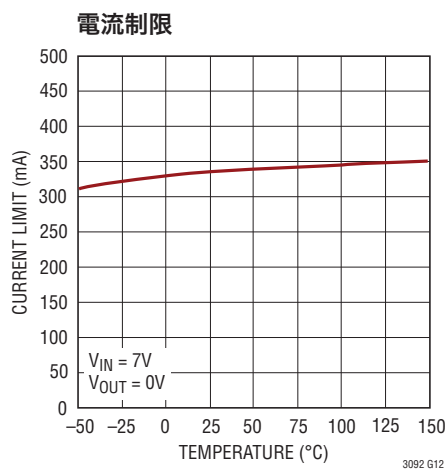
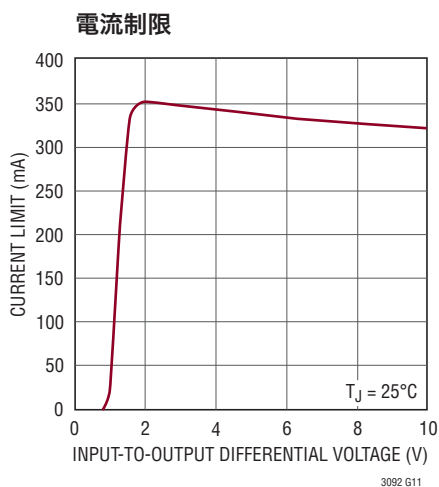
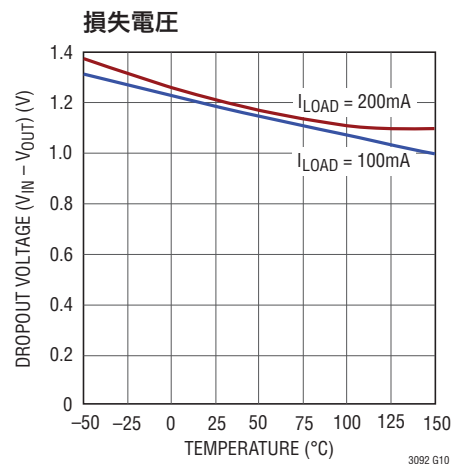
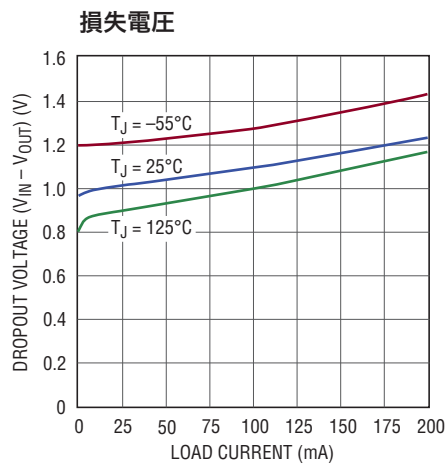
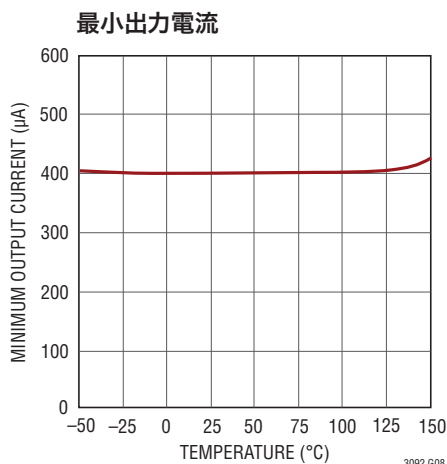
オフセット電圧



電流レギュレーション

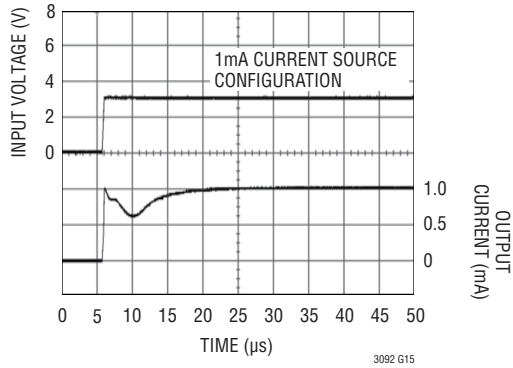


標準的性能特性

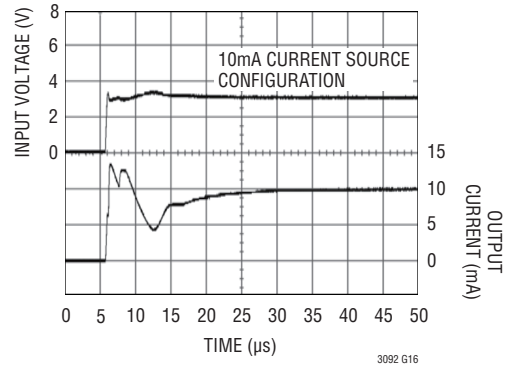


## 標準的性能特性

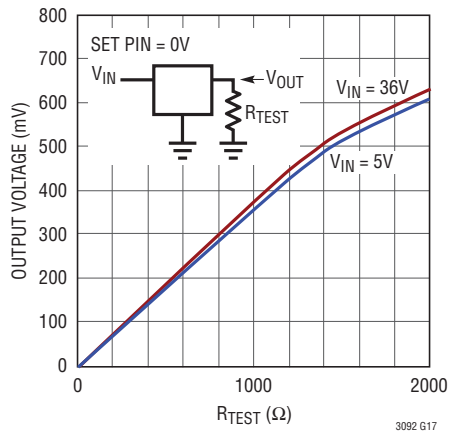
ターンオン応答



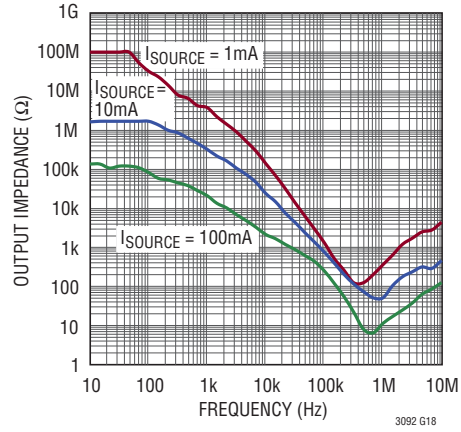
ターンオン応答



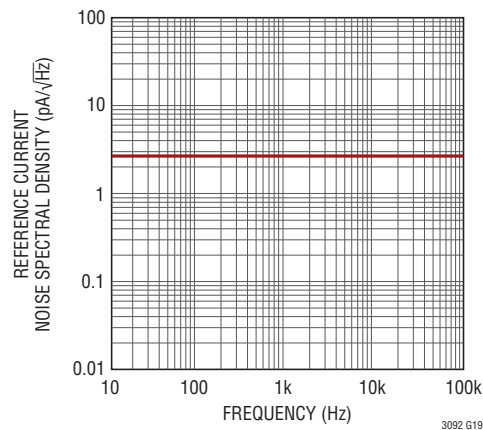
最小出力電流以下での残留出力



出力インピーダンス



ノイズ・スペクトル密度



## ピン機能 (DD/ST/TS8)

**IN (ピン7、8/ピン3/ピン7、8) :** 入力ピン。このピンは、内部回路をバイアスし出力負荷電流を供給するための電力を供給します。デバイスが適正に動作して安定化を行うには、このピンの電圧はOUTピンの電圧より1.2V～1.4V高くなければなりません (出力負荷電流による「電気的特性」の表の損失電圧の規格を参照)。

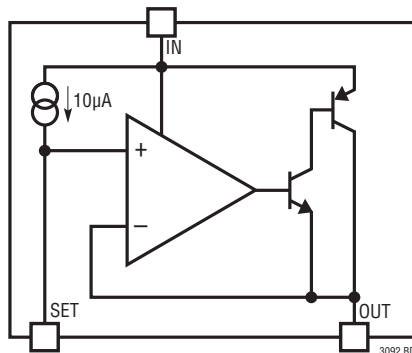
**NC (ピン3、5、6/NA/ピン1、6) :** NC。これらのピンは内部回路に接続されておらず、IN、OUT、GNDに接続するか、またはフロート状態にすることができます。

**OUT (ピン1、2/ピン2/ピン2、3、4) :** 出力ピン。これはデバイスの電力出力です。LT3092の設定可能な最小電流源の値は0.5mAです。この電流が流れないと、デバイスは安定化されません。

**SET (ピン4/ピン1/ピン5) :** 設定ピン。このピンはエラーアンプの非反転入力であり、回路の動作バイアス・ポイントの設定も行います。10 $\mu$ Aの固定電流源がこのピンから供給されます。2本の抵抗で10 $\mu$ Aと比較した抵抗比に応じたI<sub>OUT</sub>を設定します。出力電流の範囲は0.5mAから最大定格の200mAのレベルまでです。

**露出パッド/タブ (ピン9/タブ/NA) :** 出力ピン。DFNパッケージの露出パッドとSOT-223パッケージのタブは、内部でOUTピンに接続されています。PCBでは、これらをOUTピン (ピン1、2/ピン2) に直接接続します。OUTピンに接続される銅領域とブレートの大きさにより、パッケージの実効熱抵抗が決まります (「アプリケーション情報」を参照)。

## ブロック図



## アプリケーション情報

### はじめに

LT3092は、2本の外付け抵抗のみを追加してプログラム可能な2端子電流源として動作する汎用デバイスで、安定化のためにバイパス・コンデンサを外付けする必要はありません。

LT3092は使いやすく、高性能製品に求められる全ての保護機能を備えています。逆電圧保護、逆電流保護、短絡保護、ヒステリシス付きのサーマル・シャットダウンなどの機能を搭載しています。

LT3092は、入力コンデンサと出力コンデンサの有無にかかわらず動作します。最もシンプルな電流源アプリケーションでは、最大200mAの出力定電流を設定するのに必要なのは2本のディスクリット抵抗だけです。様々なアナログ手法により、電流源の値を制御して変化させることができます。

このデバイスは、温度係数がゼロの高精度10 $\mu$ Aリファレンス電流源を使用して出力電流を設定します。この10 $\mu$ Aの電流源はパワー・オペアンプの非反転入力に接続されています。パワー・オペアンプは、非反転入力の電圧のバッファされた低インピーダンス出力を供給します。

入力コンデンサと出力コンデンサがない動作が好都合のアプリケーション分野が数多く存在します。これらのアプリケーションの中には、フォールト状態や過負荷状態でサージ電流に耐えることができない敏感な回路や、スパークやアーク放電を生じる恐れのあるエネルギー蓄積デバイスが安全規則により制限を受ける「本質安全アプリケーション」が含まれます。

### 2端子電流源モードの出力電流の設定

LT3092を2端子電流源として動作させる設定は容易です。SETピンからの10 $\mu$ Aのリファレンス電流を使用し、1本の抵抗に低い電圧を発生させます。この電圧は通常、100mV~1Vの範囲です(オフセット電圧、ライン・レギュレーション、などの誤差を過大にすることなく解消するのに適したレベルは200mVです)。この電圧は次いで、OUTピンから最初の抵抗に接続された2本目の抵抗の両端に印加されます。基本的な電流源の回路構成の接続と計算式を図1に示します。

10 $\mu$ Aの電流源が発生するリファレンス電流を増幅して出力電流を設定するので、SETピンへのまたはSETピンからのリーク経路は、リファレンス電流と出力電流に誤差を生じさせることがあります。このため、テフロン、Kel-F等の高品質な絶縁材を使用します。また、全ての絶縁表面を洗浄してフラックスなどの残留物を除去することが必要になる場合があります。湿度の高い環境では、防湿を行うための表面のコーティングが必要になることがあります。

SETピンの電位に近い電圧で動作する保護リングでSETピンと回路を取り囲むことにより、基板のリーク電流を最小限に抑えることができます。この保護リングはOUTピンに接続します。回路基板の両側を保護する必要があります。バルク・リーク電流は保護リングの幅に応じて減少します。SETピンに流れ込む、またはSETピンから流れ出す10ナノアンペアのリーク電流と、関連した回路によってリファレンス電流に0.1%の誤差が生じます。この大きさのリーク電流は、他のリーク電流源と結合して、特に可能な動作温度範囲では大きなオフセット電圧とリファレンス電流のドリフトを生じることがあります。

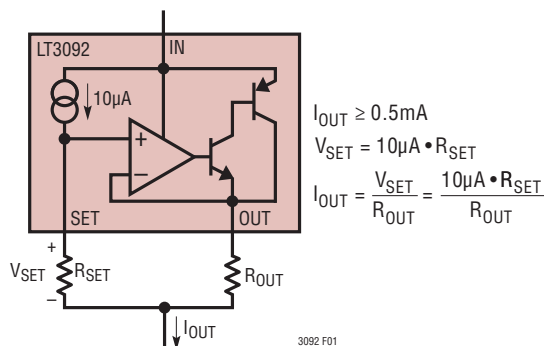


図1. 電流源として使用するLT3092

### RSETとROUTの選択

図1では、RSETとROUTの両方の抵抗によって出力電流の値が設定されます。ここで、これらの抵抗の比は分りますが、各抵抗の値はいくらにすればよいのでしょうか。

最初に選択する抵抗はRSETです。選択する値は、SETピンとOUTピンの間のオフセットに起因する誤差を最小限に抑えるのに十分な電圧を生じる値にします。RSET両端の電圧の妥当な初期レベルは200mVです(RSETは20kに等しい)。オフセット電圧によって生じる誤差は数パーセントです。RSET両端の電圧が低くなるに従って、オフセットによる誤差の割合が大きくなります。



## アプリケーション情報

この点から、 $R_{OUT}$ は $R_{SET}$ から直接計算するので、 $R_{OUT}$ の選択は容易です。ただし、抵抗の誤差も見込む必要があることに注意してください。 $R_{SET}$ 両端の大きな電圧降下はオフセットによる誤差を最小限に抑えるとともに、必要な動作ヘッドルームを増大させます。

最高の温度係数を得るのに、低ppmの温度係数を有する高価な抵抗を使用する必要はありません。その代わりに、LT3092の出力電流は $R_{SET}$ と $R_{OUT}$ の比率によって決まるので、これらの抵抗は温度特性が一致している必要があります。同じ素材で作られた安価な抵抗で一致した温度係数が得られます。詳細については、抵抗の製造元のデータシートを参照してください。

### 安定性と周波数補償

LT3092は、多くの電流源アプリケーションの安定化に入力コンデンサや出力コンデンサを必要としません。クリーンで密なPCBレイアウトにより、LT3092にとって低リアクタンスで十分に管理された動作環境が確保され、回路を周波数補償するコンデンサが不要になります。表紙の「標準的応用例」の回路はLT3092の使用が容易であることを示しています。

電流源アプリケーションの中には、SETピンの抵抗と並列に接続したコンデンサを使用して電流源のノイズを低減するものもあります。このコンデンサは電流源のソフトスタート機能も実現します。このコンデンサの接続を図7に示します（「ノイズの抑制」を参照）。

SETピンの抵抗の両端にコンデンサを接続して動作させる場合、安定性の維持と生じる極の補償を行うため、通常、外部補償が必要になります。次のパラグラフでは、LT3092にこの容量またはその他の複雑なインピーダンスが接続された場合にLT3092を安定化させる手法について説明します。リニアテクノロジーでは、生産を開始する前に最終部品を使用した状態で安定性をテストすることを強く推奨しています。

LT3092の設計は様々な動作条件においてコンデンサなしで安定することを目指していますが、LT3092が直面する入力インピーダンスと出力インピーダンスのあらゆる全ての組み合わせに対してテストすることは不可能です。これらのインピーダンスには抵抗性、容量性、誘導性などの成分が含まれることがあり、複雑に分布したネットワークである可能性があります。さらに、電流源の値はアプリケーション間で異なり、その接続は

GND基準、電源基準、または信号ライン経路でフロート状態の場合があります。リニアテクノロジーでは、LT3092の全てのアプリケーションでの状態で安定性をテストすることを強く推奨しています。

長い配線やPCBトレースを使用したLT3092のアプリケーションでは、誘導性リアクタンスが不安定性の要因になる可能性があります。場合によっては、(図2に示すように)入力ラインと出力ラインに直列抵抗を追加することにより、これらの高いQになり得るラインを十分に減衰して安定性を確保することができます。ユーザーは、設計のヘッドルームの制約に対する必要な抵抗値を求める必要があります。一般に、低出力電流レベル(< 5mA)での動作は自動的に大きな値の設定抵抗を必要とし、直列インピーダンスを追加することなく必要な減衰を行うことができます。

LT3092と直列接続されたライン・インピーダンスが、直列減衰抵抗が十分でないほど複雑な場合、周波数補償ネットワークが必要になる可能性があります。いくつかのオプションが考えられます。

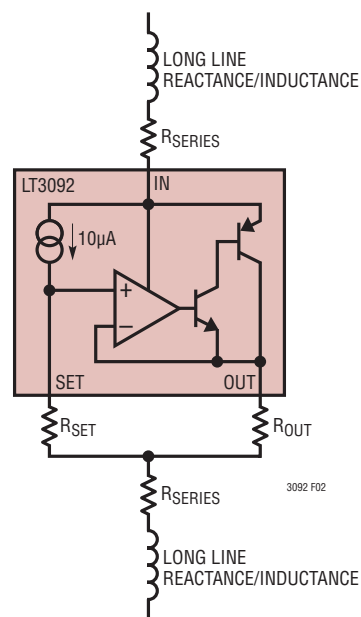


図2. 直列抵抗の追加による長いライン・リアクタンスのデカップリングと減衰

## アプリケーション情報

図3に、電流源の2つの端子の間に1個のコンデンサを接続した最もシンプルな周波数補償ネットワークを示します。このケースでは、1000pF以下または1μF以上 ( $ESR < 0.5\Omega$ ) のいずれかの値のコンデンサで回路を安定化することができます。アプリケーションによってはDC電圧を遮蔽するために、小容量のコンデンサを使用できますが、信号ラインへのデータ転送は可能です。

また、アプリケーションの中には、この容量範囲を許容できないものや、設計に制約を与えるものがあります。これを代表する1つの回路例は、過負荷状態やフォールト状態がコンデンサに蓄積されたエネルギーによるスパークやアーク放電を生じさせる可能性がある「本質安全」回路です。1個のコンデンサでは対応できないアプリケーションの場合、電流源の2つの端子の間に直列RCネットワークを接続した代案を図3に示します。このネットワークには2つの利点があります。1つ目は、フォールト状態で生じ得るコンデンサの放電電流を制限し、スパークやアーク放電を防止することです。2つ目は、ほぼ全ての値のコンデンサが使用できるように、小容量のコンデンサに対する1000pFの上限と大容量のコンデンサに対する1μFの下限の隙間を埋めることです。これにより、ループの周波数補償の柔軟性が向上し、複雑なインピーダンス・ネットワークに対するRCネットワークの微調整が可能になります。多くの場合、アプリケーション回路を安定化する最良のソリューションは直列RCネットワークです。特にコンデンサの値が1000pF~1μFの場合には、標準的な抵抗値の範囲は100Ωから約5kとなります。この場合も、リニアテクノロジーでは、全ての動作条件(特に電流源の入力と出力に複雑なインピーダンス・ネット

ワークがある場合)におけるLT3092のあらゆるアプリケーションの状態では安定性をテストすることを強く推奨しています。

LT3092電流源の下側をGND基準にするアプリケーションの場合、コンデンサを使用して電流源の上側をGNDにバイパスする必要が生じることがあります。場合によっては、このコンデンサが既に存在していて容量を追加する必要がないかもしれません。たとえば、LT3092が電源出力の可変電流源として使用されている場合、この出力バイパス容量がLT3092を十分安定化します。バイパス・コンデンサを必要とするアプリケーションもあります。この場合も、小さい容量値に対して1000pFの上限が存在し、大きな値のコンデンサに対して1μF ( $ESR < 0.5\Omega$ ) の下限が存在するという、上述と同じコンデンサ値の要件が当てはまります。必要に応じて直列RCネットワークを使用することも可能で、アプリケーションの要件に応じて使用します。

極端な場合には、回路を安定させるのにLT3092の入力と出力の両方にコンデンサまたは直列RCネットワークが必要になることがあります。図4に、入力-出力間のコンデンサではなく、入力と出力にコンデンサ・ネットワークを使用した一般的なアプリケーションを示します。電流源の入力は高インピーダンスになる傾向があるので、入力にコンデンサを接続しても低インピーダンスの出力にコンデンサを接続するのと同じ効果はなく、同様の制限は当てはまりません。通常、0.1μF~1μFの範囲のコンデンサで入力のバイパスを十分に行え、入力容量の値は無制限に大きくすることができます。

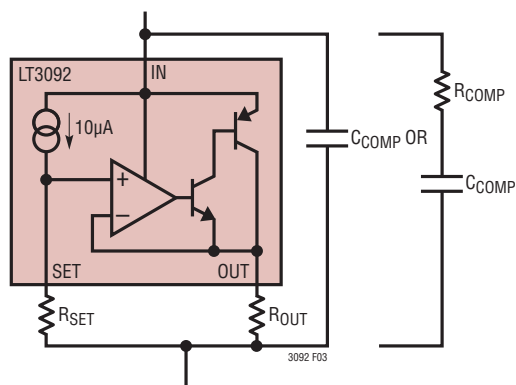


図3. 電流源の入力-出力間の補償による安定性の確保

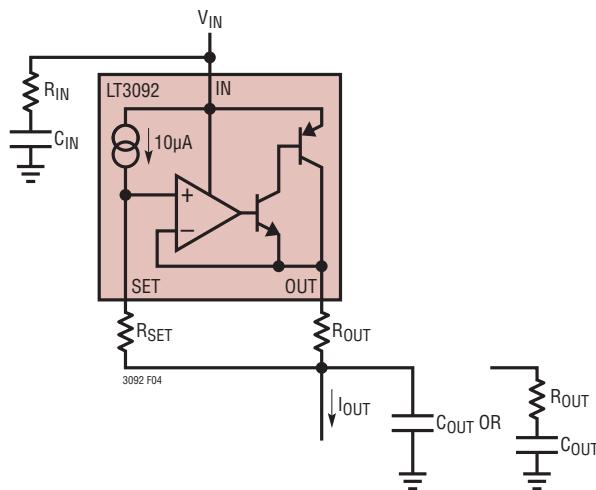


図4. 補償用に入力コンデンサや出力コンデンサを使用可能

## アプリケーション情報

入力や出力(特に入力)にGND基準のコンデンサを使用したアプリケーションの場合、電源ラインと回路からのリターン・グラウンドのラインの長さに注意してください。長い電源ラインおよびリターン・ラインと低ESRの入力コンデンサが組み合わさる場合、アプリケーション固有の電圧スパイク、発振および信頼性の問題が生じることがあります。これはLT3092の安定性に対しては問題になりませんが、入力配線のインダクタンスにより、低ESRのコンデンサが高いQの共振タンク回路を形成します。LT3092の入力に直列抵抗を追加するか、または入力コンデンサを使用することにより、この問題が解決される場合がよくあります。多くの場合、 $0.1\Omega \sim 1\Omega$ の抵抗値でこの共振は十分減衰します。

セラミック・コンデンサを使用する際には、特に注意が必要です。セラミック・コンデンサは様々な誘電体を使用して製造されており、それぞれ温度や印加される電圧によって動作が異なります。最も一般的に使用されている誘電体は、Z5U、Y5V、X5R、X7RのEIA温度特性コードで規定されています。Z5UとY5Vの誘電体は小型のパッケージで大きな容量を実現するには適していますが、図5と図6に示すように、電圧係数と温度係数が大きくなる傾向があります。5Vのレギュレータに使用

する場合、16V 10 $\mu$ FのY5Vコンデンサは、印加されたDCバイアス電圧と動作温度範囲で1 $\mu$ F $\sim$ 2 $\mu$ Fの小さな実効値になる可能性があります。X5RとX7Rの誘電体を使用すると、さらに安定した特性になり、これらは出力コンデンサとしての使用により適しています。X7Rタイプは全温度範囲にわたって安定性が優れており、X5Rタイプは安価で大きな値のものが入手可能です。X5RやX7Rのコンデンサを使用する場合でも注意する必要があります。X5RとX7Rのコードは動作温度範囲と全温度範囲での最大容量変化を規定するだけです。X5RとX7RのコンデンサのDCバイアスによる容量変化はY5VやZ5Uのコンデンサに比べると小さいですが、それでもコンデンサの容量が適切なレベルを下回るほど変化することがあります。コンデンサのDCバイアス特性は部品のケースのサイズが大きいほど向上する傾向がありますが、動作電圧での必要な容量を検証する必要があります。

電圧係数と温度係数だけが問題になるわけではありません。セラミック・コンデンサの中には圧電効果を示すものがあります。圧電デバイスは機械的応力によって端子の両端に電圧を生じます。セラミック・コンデンサの場合、システムの振動や熱過渡によって応力が生じることがあります。

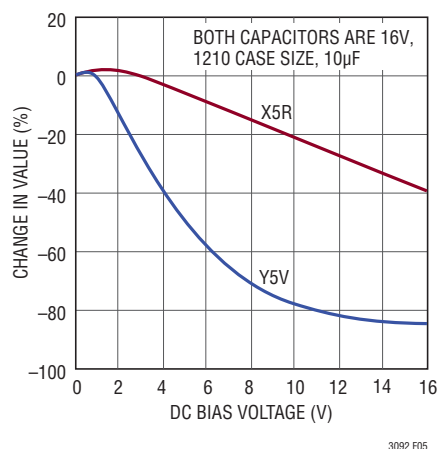


図5. セラミック・コンデンサのDCバイアス特性

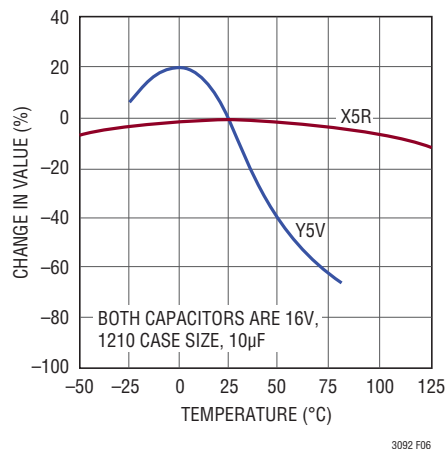


図6. セラミック・コンデンサの温度特性

## アプリケーション情報

### ノイズの抑制

電流源のノイズを低減する必要がある場合、 $R_{SET}$ の両端に小容量のコンデンサを接続することができます(図7の $C_{SET}$ )。通常、 $10\mu A$ のリファレンス電流源は $2.7pA/\sqrt{Hz}$ ( $10Hz\sim 100kHz$ の帯域幅で $0.7nA_{RMS}$ )のノイズ電流レベルを生じます。SETピンの抵抗は $\sqrt{4kT/R}$ ( $k$  = ボルツマン定数 ( $1.38 \cdot 10^{-23}J/^{\circ}K$ )、 $T$ は絶対温度)に等しいスポット・ノイズを生じ、この値は $10\mu A$ のリファレンス電流源によって生じるノイズに実効値として加算されます。図7に示すように、 $R_{SET}$ の両端に $C_{SET}$ コンデンサを接続することにより、このノイズ電流がバイパスされます。このノイズ低減用コンデンサにより、 $R_{SET} \cdot C_{SET}$ で得られる時定数に比例して起動時間が長くなることに注意してください。SETピンの抵抗の両端にコンデンサを接続する場合、通常、外部からの極は安定を維持するために補償する必要があります。LT3092回路の補償の詳細については「安定性と周波数補償」を参照してください。

「標準的性能特性」の曲線は、 $10Hz\sim 100kHz$ の帯域幅におけるリファレンス電流のノイズ・スペクトル密度を示しています。

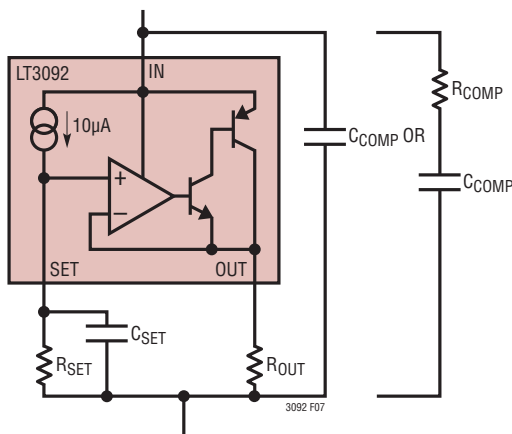


図7.  $C_{SET}$ の追加による電流ノイズの低減

### デバイスの並列接続

複数のLT3092を並列接続することによって高出力電流が得られます。図8に示すように、最も簡単なアプリケーションは2つの電流源を並列に動作させ、入力と出力をそれぞれ相互接続します。これにより、両電流源を合わせると1つのデバイスが供給可能な値よりも大きな出力電流を供給することができます。

デバイスを並列接続するもう1つの方法では、部品数を少なくしてデバイス間で電力を共有させる必要があります。個々のSETピンと個々のINピンをそれぞれ相互接続します。出力は、電流分担を均等にするバラスト抵抗としてPCトレースの小片を使用して共通に接続します。ミリオーム/インチを単位とするPCトレースの抵抗を表1に示します。バラスト抵抗が必要とするのはPCBのほんのわずかな領域です。

表1. PCボードのトレース抵抗

重さ(オンス)	幅10ミル	幅20ミル
1	54.3	27.1
2	27.1	13.6

トレース抵抗の単位は $m\Omega$ /インチ

SETピンとOUTピンの間のワーストケースの室温のオフセットはわずか $\pm 2mV$ なので、非常に小さなバラスト抵抗を使用することができます。

図9に示すように、各LT3092は小さな $40m\Omega$ のバラスト抵抗を有し、これは最大出力電流で80%より良好な均等な電流分担を実現します。 $40m\Omega$ (2個の並列デバイスでは $20m\Omega$ )の外付け抵抗により、出力のコンプライアンス電圧は $0.4A$ の出力で約 $8mV$ 増大するだけです。もちろん、3個以上のLT3092を並列接続して、さらに大きな出力電流を得ることもできます。デバイスをPCボード上に分散配置すると、熱を分散することもできます。入力-出力間の差が大きい場合、直列入力抵抗により熱をさらに分散することができます。

### 熱に関する検討事項

LT3092の内部電源と熱制限回路は過負荷状態のときにデバイス自身を保護します。通常負荷状態を継続する場合、 $125^{\circ}C$ の最大接合部温度を超えてはなりません。接合部-周囲間の全ての熱抵抗源について注意深く検討してください。これには(限定されてはいませんが)、アプリケーションに応じて接合部-ケース間、ケース-ヒートシンク接続部間の熱抵抗、ヒートシンク自体の熱抵抗、回路基板-周囲間の熱抵抗などが含まれます。PCB上でその他すべての近接する熱源について検討します。

アプリケーション情報

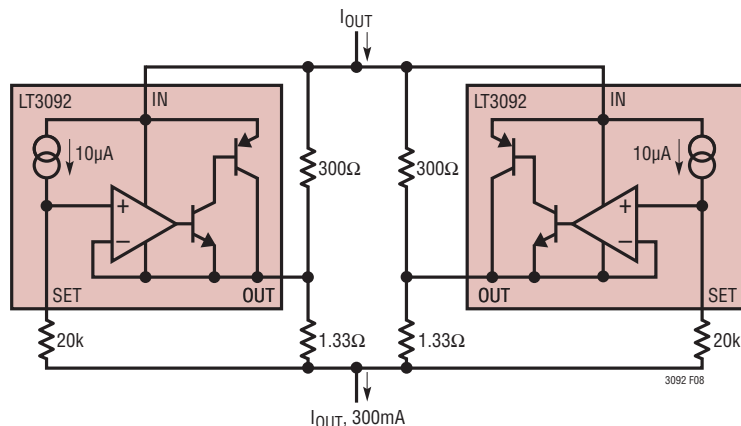


Figure 8. Connect Two LT3092s for Higher Current

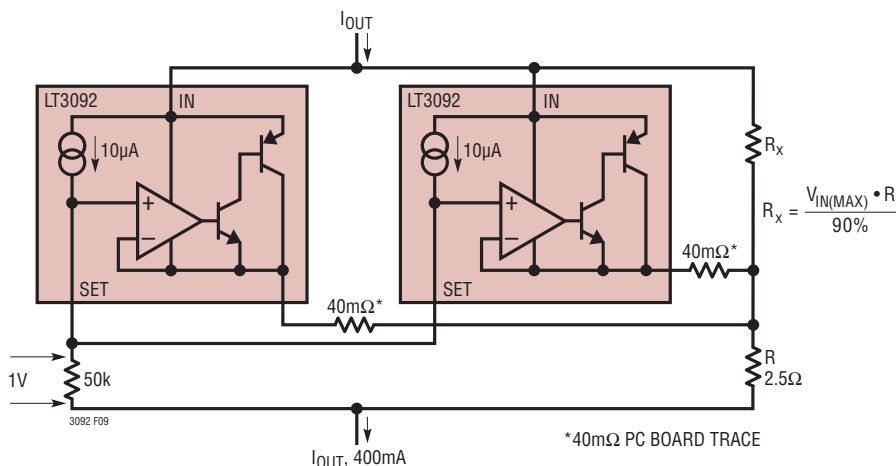


Figure 9. Parallel Devices

表面実装パッケージは、PCボード、銅トレースおよびプレーンの熱分散能力を使用することにより、必要な放熱を行います。表面実装のヒートシンク、メッキ・スルーホールおよび半田で埋められたビアも、パワー・デバイスが生じる熱を分散することができます。

接合部-ケース間の熱抵抗は、デバイスの接合部から間近のケース底面、もしくは熱経路内の最も間近のピンの底面までで規定されています。これは熱流の最小熱抵抗経路です。パッケージのこの領域から放熱材への可能な限り最良の熱流を確保するには、デバイスを適切に実装するだけです。

DFNパッケージの露出パッドとSOT-223パッケージのタブは出力 (V<sub>OUT</sub>) に電氣的に接続されていることに注意してください。

一定のボード・サイズの銅面積に対する熱抵抗を以下の表に示します。全ての測定は、静止空気中で、1オンスのしっかりとした内部プレーンと2オンスの外部トレース・プレーンを有し、合計の仕上げボード厚が1.6mmの4層FR-4ボードで行いました。

PCBの層数、銅重量、ボード・レイアウトおよびサーマル・ビアが熱抵抗の値に影響を与えます。高熱伝導のテスト・ボードの詳細についてはJEDEC標準規格のJESD51-7を参照してください。

## アプリケーション情報

さい。低い熱抵抗を実現するには、細部にわたる注意深いレイアウトに配慮する必要があります。複数の内部V<sub>OUT</sub>プレーンと複数のサーマル・ビアを使用したデモ回路1531Aのボード・レイアウトは、DFNパッケージに対して28°C/Wの性能を実現します。

表2. DDパッケージ、8ピンDFN

銅面積		ボード面積	熱抵抗 (接合部-周囲間)
上面*	裏面		
2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	25°C/W
1000mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	25°C/W
225mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	28°C/W
100mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	32°C/W

\*デバイスは上面に実装される

表3. TS8パッケージ、8ピンSOT-23

銅面積		ボード面積	熱抵抗 (接合部-周囲間)
上面*	裏面		
2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	54°C/W
1000mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	54°C/W
225mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	57°C/W
100mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	63°C/W

\*デバイスは上面に実装される

表4. STパッケージ、3ピンSOT-223

銅面積		ボード面積	熱抵抗 (接合部-周囲間)
上面*	裏面		
2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	20°C/W
1000mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	20°C/W
225mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	24°C/W
100mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	29°C/W

\*デバイスは上面に実装される

熱抵抗と熱に関する詳細については、JEDEC標準規格のJESD51、特にJESD51-12を参照してください。

### 接合部温度の計算

例: 入力電圧が15V ±10%、出力電圧が12V ±5%、出力電流が200mA、最大周囲温度が50°Cの産業用アプリケーションの場合、DFNパッケージの最大接合部温度はいくらになるでしょうか。

回路全体の電力は次のようになります。

$$P_{TOTAL} = (V_{IN} - V_{OUT}) (I_{OUT})$$

SETピンの電流はごくわずかなので無視できます。

$$V_{IN} (MAX CONTINUOUS) = 16.5 (15V + 10\%)$$

$$V_{OUT} (MIN CONTINUOUS) = 11.4V (12V - 5\%)$$

$$I_{OUT} = 200mA$$

これらの条件での電力損失は次のようになります。

$$P_{TOTAL} = (16.5 - 11.4V) (200mA) = 1.02W$$

接合部温度は以下のようになります。

$$T_J = T_A + P_{TOTAL} \cdot \theta_{JA}$$

$$T_J = 50^\circ C + (1.02W \cdot 30^\circ C/W) = 80.6^\circ C$$

この例の場合、接合部温度は最大定格より低く、信頼性の高い動作が保証されます。

### 保護機能

LT3092はいくつかの保護機能を搭載しているため、アプリケーションの中でもバッテリー駆動の回路に最適です。電流制限や熱制限など、通常の回路保護機能を備えているほか、LT3092は逆入力電圧、逆出力電圧、OUTピンからSETピンへの逆電圧に対しても保護されています。

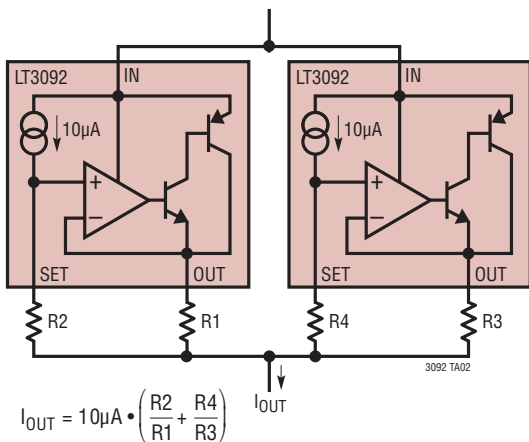
電流制限保護と熱過負荷保護の機能は、出力電流の過負荷状態に対してデバイスを保護します。通常動作では、125°Cの接合部温度を超えてはなりません。サーマル・シャットダウン回路の標準温度スレッシュホールドは165°Cで、約5°Cのヒステリシスがあります。

LT3092のINピンはSETピンとOUTピンを基準にして±40Vの電圧に耐えます。OUTピンがINピンより高いと、逆電流は1mA以下(通常100µA以下)となり、LT3092と敏感な負荷を保護します。

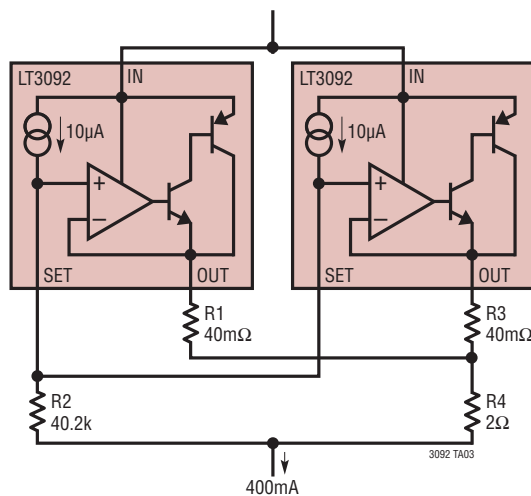
クランプ・ダイオードと1kの制限抵抗により、OUTピンの電圧に対してLT3092のSETピンが保護されます。これらの保護部品には通常、過渡的な過負荷状態のときだけ電流が流れません。これらのデバイスは±10Vの差動電圧と±15mAのクロスピン電流に問題なく対応できるサイズになっています。

標準的応用例

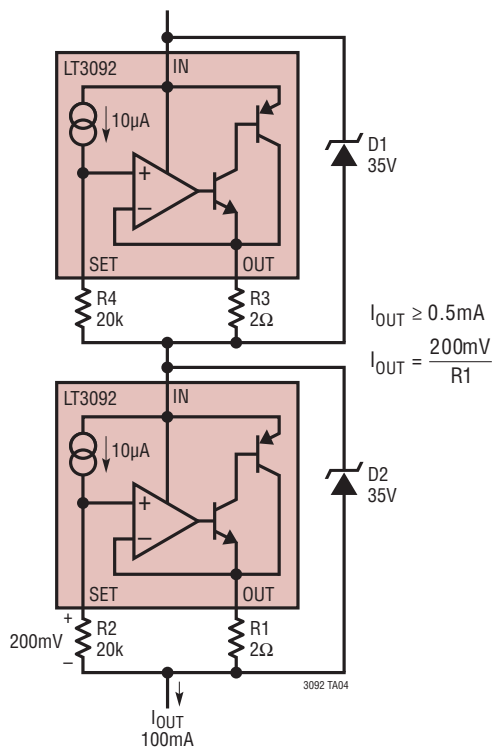
高電流用の電流源の並列接続



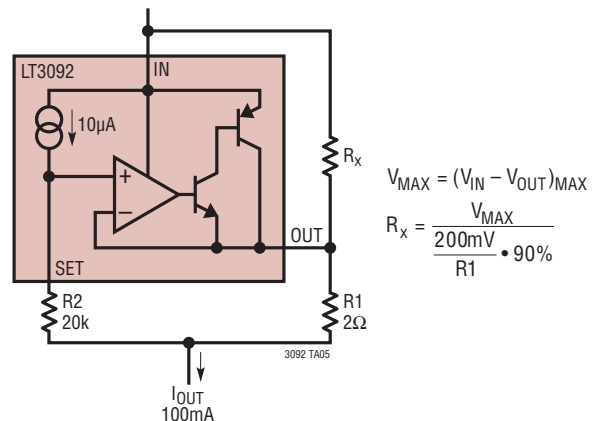
バラスト抵抗を使用したLT3092の並列接続



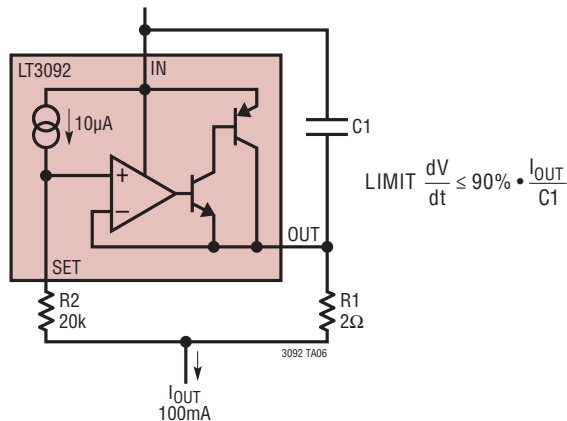
高電圧電流源



LT3092の100mA電流源での電力損失の低減

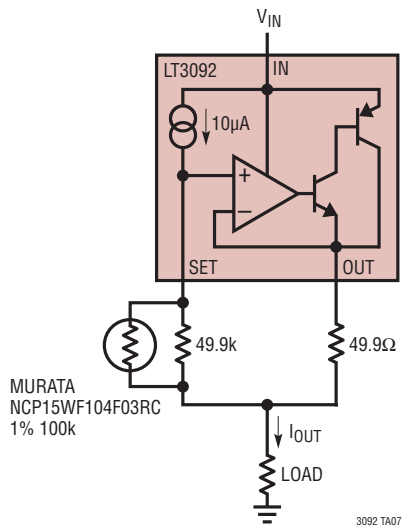


コンデンサによって安定性が向上するもののスルーレートは制限される

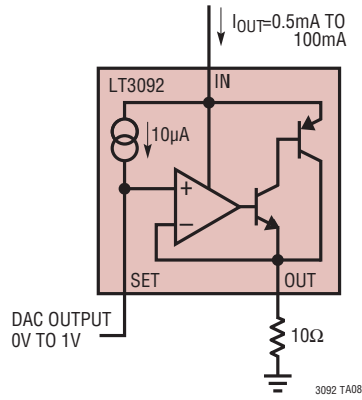


## 標準的応用例

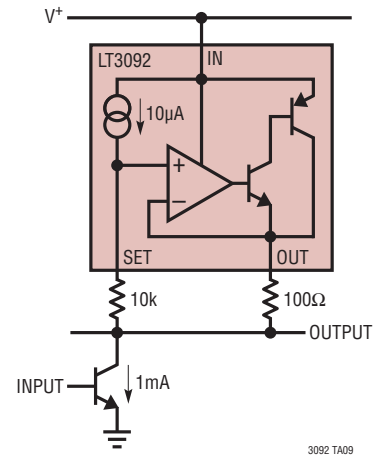
リモート温度センサ



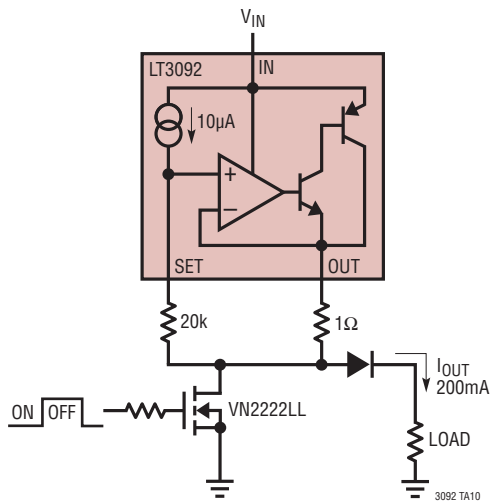
DAC制御電流源



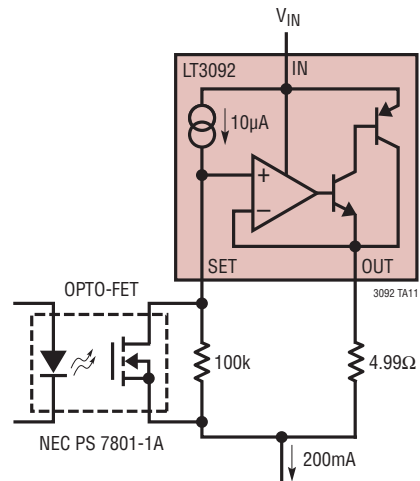
アクティブ負荷



パルス電流源、負荷をグランドに接続



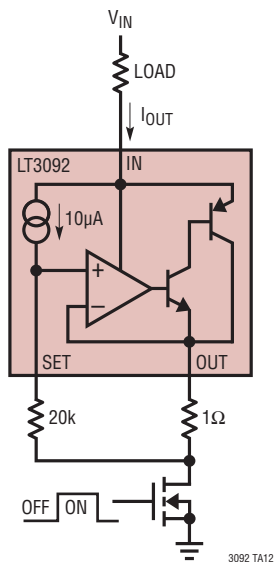
200mAから無負荷消費電流に切り替わる  
完全にフロート状態の電流源



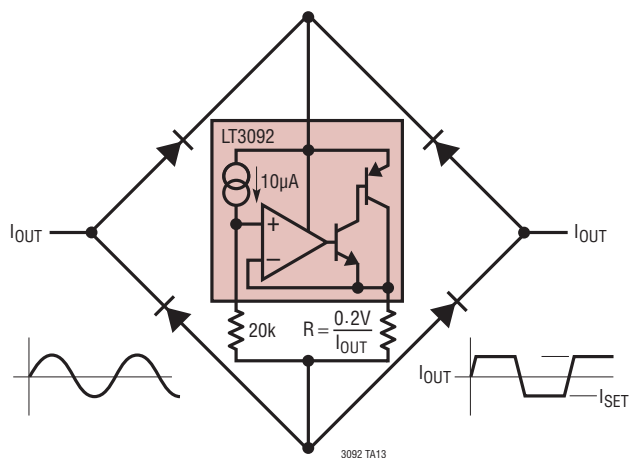


標準的応用例

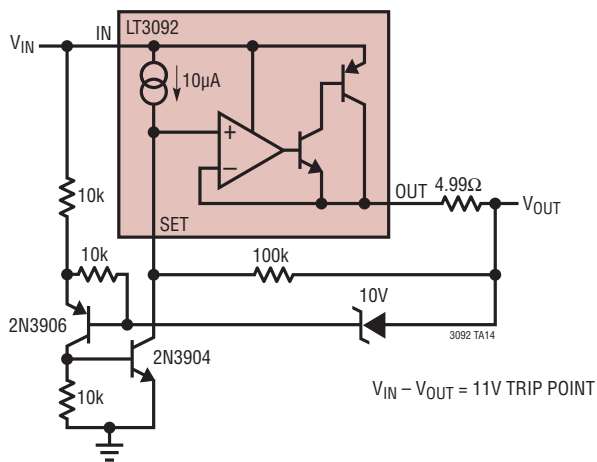
パルス電流源、負荷を $V_{IN}$ に接続



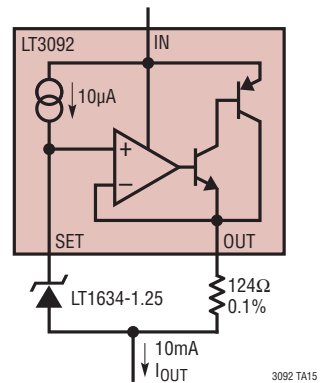
2端子AC電流リミッタ



電圧クランプ

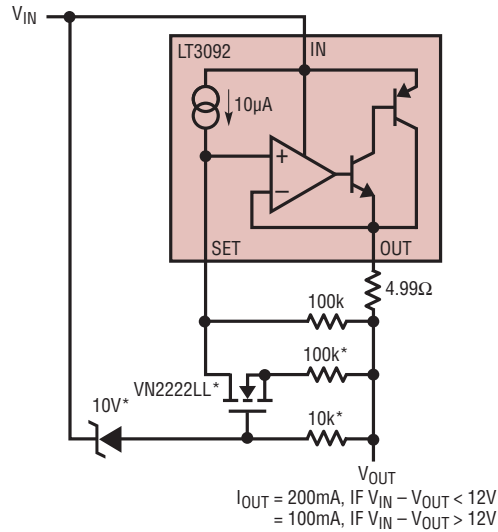


高精度電流源



## 標準的応用例

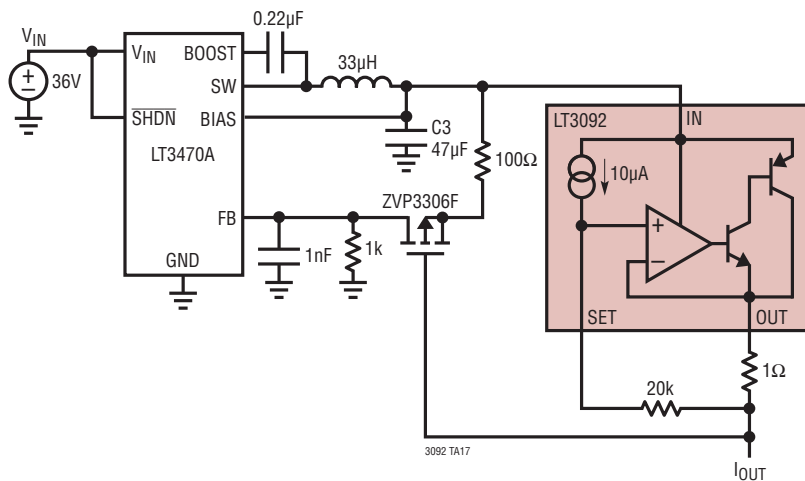
### 2レベル電流源



\*CURRENT FOLDBACK CIRCUIT LIMITS  
THE LT3092 POWER DISSIPATION

3092 TA16

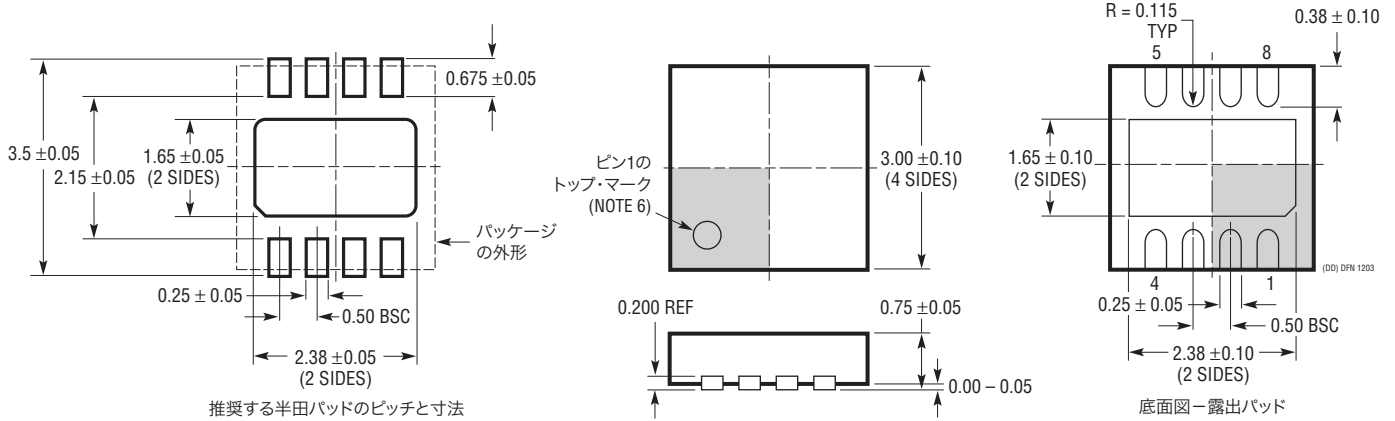
### 高効率電流源



3092 TA17

パッケージ

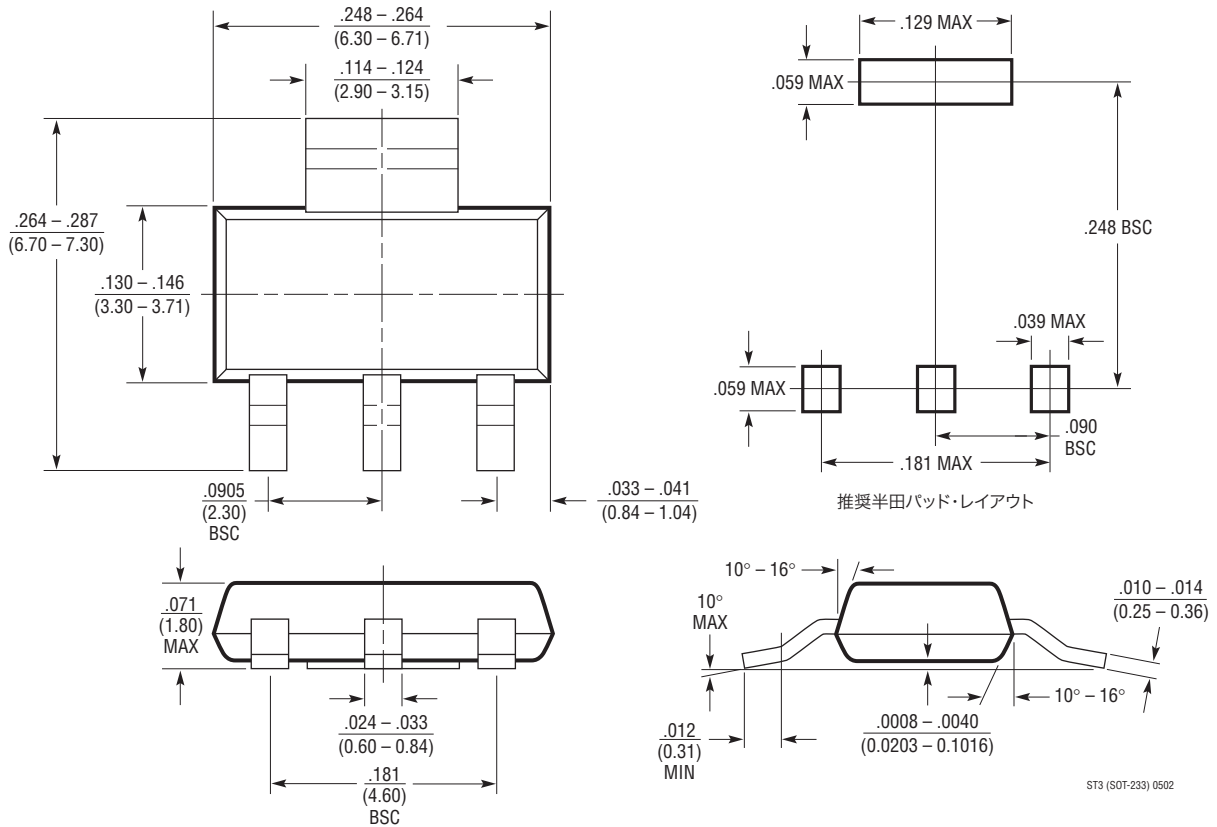
**DDパッケージ**  
**8ピン・プラスチックDFN (3mm×3mm)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1698)



- NOTE:
1. 図はJEDECのパッケージ外形M0-229のバリエーション(WEEP-1)になる予定
  2. 図は実寸とは異なる
  3. すべての寸法はミリメートル
  4. パッケージ底面の露出パッド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0.15mmを超えないこと

5. 露出パッドは半田メッキとする
6. 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

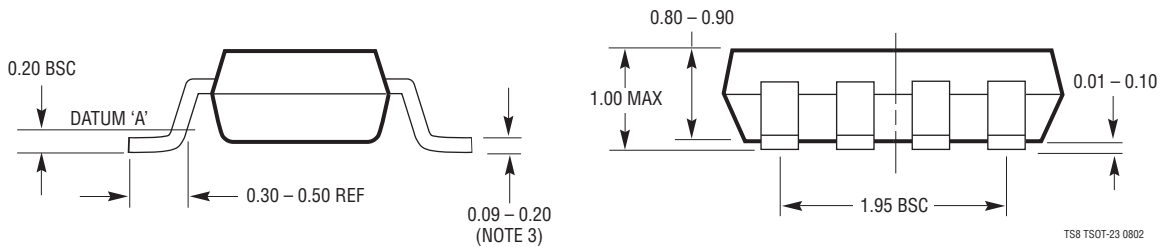
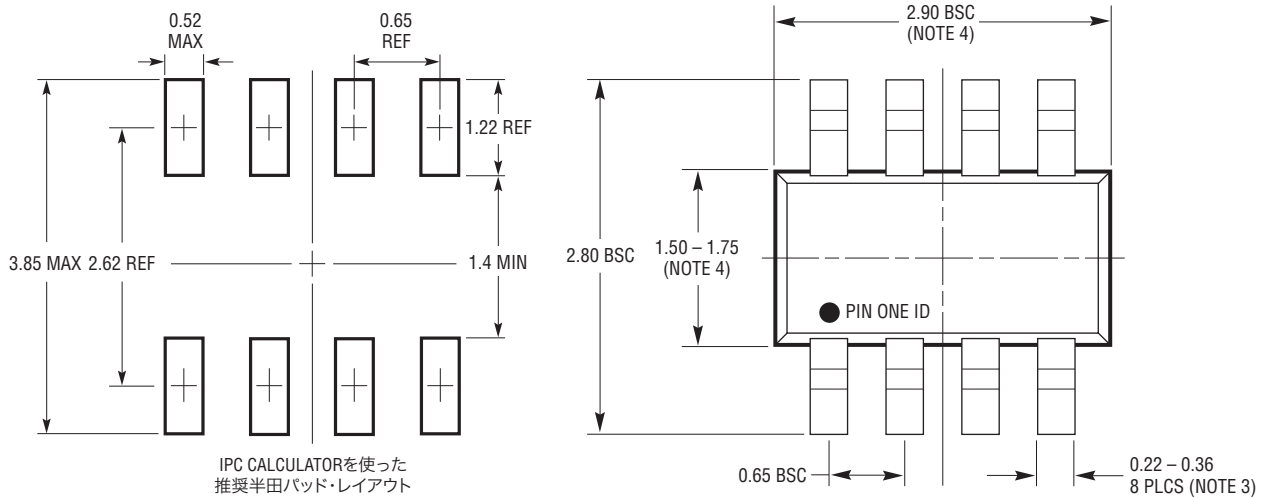
**STパッケージ**  
**3ピン・プラスチックSOT-223**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1630)



3092fb

## パッケージ

### TS8パッケージ 8ピン・プラスチックTSOT-23 (Reference LTC DWG # 05-08-1637)



**NOTE:**

1. 寸法はミリメートル
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法にはメッキを含む
4. 寸法にモールドのバリやメタルのバリを含まない

5. モールドのバリは0.254mmを超えてはならない
6. JEDECパッケージ参照番号はMO-193

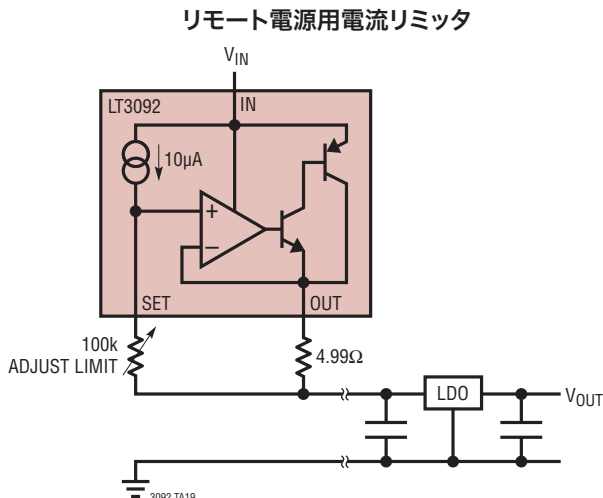
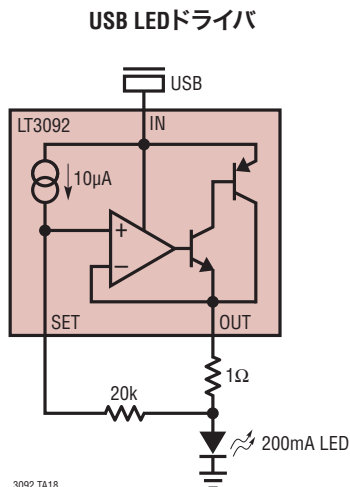
TS8 TSOT-23 0802

## 改訂履歴 (Rev Bよりスタート)

REV	日付	修正内容	頁番号
B	12/09	発注情報の更新	2

# LT3092

## 標準的応用例



## 関連製品

製品番号	説明	注釈
<b>LDO</b>		
LT1761	100mA、低ノイズLDO	損失電圧: 300mV、低ノイズ: 20μVRMS、VIN = 1.8V~20V、ThinSOT™パッケージ
LT1762	150mA、低ノイズLDO	損失電圧: 300mV、低ノイズ: 20μVRMS、VIN = 1.8V~20V、MS8パッケージ
LTC1844	150mA、超低損失LDO	損失電圧: 80mV、低ノイズ: <30μVRMS、VIN = 1.6V~6.5V、1μF出力コンデンサで安定、ThinSOTパッケージ
LT1962	300mA、低ノイズLDO	損失電圧: 270mV、低ノイズ: 20μVRMS、VIN = 1.8V~20V、MS8パッケージ
LT1964	200mA、低ノイズ、負電圧LDO	損失電圧: 340mV、低ノイズ: 30μVRMS、VIN = -1.8V~-20V、ThinSOTパッケージ
LT3008	20mA、45V、消費電流3μA、マイクロパワーLDO	損失電圧: 280mV、低消費電流: 3μA、VIN = 2V~45V、VOUT = 0.6V~39.5V、ThinSOTおよび2mm×2mm DFN-6パッケージ
LT3009	20mA、20V、消費電流3μA、マイクロパワーLDO	損失電圧: 280mV、低消費電流: 3μA、VIN = 1.6V~20V、VOUT = 0.6V~19.5V、ThinSOTおよびSC70パッケージ
LT3020	100mA、低電圧VLDO リニア・レギュレータ	VIN = 0.9V~10V、VOUT = 0.2V~5V (最小)、VDO = 0.15V、IQ = 120μA、ノイズ: <250μVRMS、2.2μFセラミック・コンデンサで安定、DFN-8およびMS8パッケージ
LTC3025	300mAマイクロパワーVLDO リニア・レギュレータ	VIN = 0.9V~5.5V、損失電圧: 45mV、低ノイズ: 80μVRMS、低消費電流: 54μA、6ピン2mm×2mm DFNパッケージ
LTC3035	チャージ・ポンプ・バイアス・レギュレータ 付き300mA、VLDOリニア・レギュレータ	VIN = 1.7V~5.5V、VOUT = 0.4V~3.6V、損失電圧: 45mV、IQ = 100μA、3mm×2mm DFN-8パッケージ
LT3080/ LT3080-1	並列接続可能な1.1A、低ノイズ、 低損失リニア・レギュレータ	損失電圧: 300mV (2電源動作)、低ノイズ: 40μVRMS、VIN = 1.2V~36V、VOUT = 0V~35.7V、電流ベースのリファレンス、抵抗1本でVOUTを設定、直接並列接続可能 (オペアンプ不要)、セラミック・コンデンサで安定、TO-220、SOT-223、MSOP-8 および3mm×3mm DFN-8パッケージ、LT3080-1バージョンはバラスタ抵抗を内蔵
LT3085	並列接続可能な500mA、低ノイズ、 低損失リニア・レギュレータ	損失電圧: 275mV (2電源動作)、低ノイズ: 40μVRMS、VIN = 1.2V~36V、VOUT = 0V~35.7V、電流ベースのリファレンス、抵抗1本でVOUTを設定、直接並列接続可能 (オペアンプ不要)、セラミック・コンデンサで安定、MSOP-8および2mm×3mm DFN-8パッケージ

## 電流センス・アンプ

LT6106	低コスト36Vハイサイド電流センス・アンプ	36V (最大44V) の電流センス、2000:1のダイナミック・レンジ、PSRR = 106dB
LT6107	SOT-23パッケージの 高温ハイサイド電流センス・アンプ	36V (最大44V) の電流センス、2000:1のダイナミック・レンジ、PSRR = 106dB、-55°C~150°C (MPグレード)

ThinSOTはリニアテクノロジー社の商標です。

3092fb