

電流制限をプログラム可能な -36V、1.5A負電圧リニア・レギュレータ

特長

- 出力電流: 1.5A
- 1本の抵抗で出力電圧を設定
- 50 μ AのSETピン電流初期精度 $\pm 1\%$
- プログラム可能な電流制限
- 正または負の出力電流モニタ
- 並列接続可能なので電流値が増加し放熱特性が向上
- 低ドロップアウト電圧: 300mV
- 低出力ノイズ: 18 μ V_{RMS} (10Hz ~ 100kHz)
- 3端子のフロート・レギュレータとして構成可能
- 広い入力電圧範囲: -1.5V ~ -36V
- レール・トゥ・レールの出力電圧範囲: 0V ~ -32V
- 正/負のシャットダウン・ロジックまたはUVLO
- プログラム可能なケーブル電圧降下補償
- 負荷レギュレーション: 1.2mV (1mA ~ 1.5A)
- 最小 10 μ Fの出力コンデンサで安定
- セラミック・コンデンサまたはタンタル・コンデンサで安定
- 熱特性が改善された14ピン(4mmx3mm)DFNパッケージ、16ピンTSSOPパッケージ、7ピンTO-220パッケージ、およびDDパッケージ

アプリケーション

- スイッチング電源のポスト・レギュレータ
- 低ノイズの計測器およびRF電源
- 堅牢な産業用電源
- 高精度電源

概要

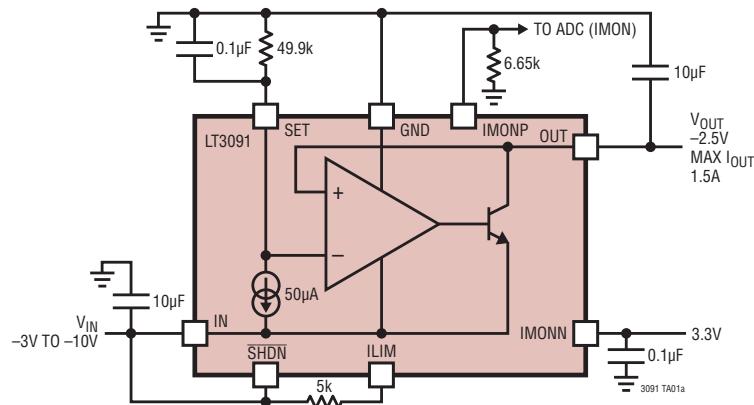
LT[®]3091は低ドロップアウトの1.5A負電圧リニア・レギュレータで、並列接続が容易なので、出力電流の増加や表面実装基板での熱放散向上を図ることができます。このレギュレータは、高精度の電流リファレンスとその後段に高性能レール・トゥ・レール電圧バッファを採用して設計されているので、高精度の出力電圧、ヒートシンクなしの大電流、出力電圧を0Vに調整できる機能、および低ドロップアウト電圧を必要とするアプリケーションに適しています。このデバイスは3端子のフロート・レギュレータとして構成することもできます。

LT3091の特長は、高速トランジエント応答、高いPSRR、わずか18 μ V_{RMS}の低出力ノイズです LT3091は、単位利得動作を維持しながら広い出力電圧範囲(0V ~ -32V)を作りだします。これにより、設定出力電圧に関係なく、実質的に一定の帯域幅、負荷レギュレーション、PSRR、およびノイズ特性が得られます。

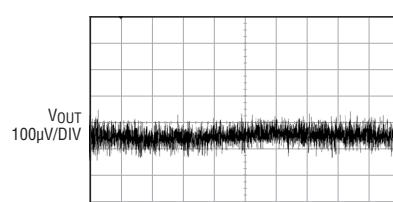
LT3091は300mVの標準的ドロップアウト電圧で1.5Aを供給します。動作中の静止電流は公称1.2mAで、シャットダウン時は1 μ Aよりはるかに小さくなります。LT3091のプログラム可能な高精度電流制限値は、1本の抵抗で調整します。このデバイスの正または負の電流モニタには、出力電流に比例したソース電流(0.25mA/A)またはシンク電流(0.5mA/A)が流れます。内蔵の保護回路には、逆出力保護回路、フォールドバック特性の内部電流制限回路、およびヒステリシスのあるサーマル・シャットダウン回路があります。

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。ThinSOTはリニアテクノロジー社の商標です。その他全ての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。特許出願中。

標準的応用例



出力ノイズ: 10Hz ~ 100kHz



V_{IN}: -3.5V
C_{OUT}: 10 μ F
C_{SET}: 0.1 μ F
V_{OUT}: -2.5V
I_L: 1.5A

3091fa

絶対最大定格 (Note 1)

IN ピンの電圧 (Note 3)

GND ピンを基準にした場合 0.3V、-40V

ILIM ピンの電圧

IN ピンを基準にした場合 (Note 3) -0.3V、0.7V

IMONP ピンの電圧

IN ピンを基準にした場合 (Note 3) -0.3V、40V

GND ピンを基準にした場合 -40V、20V

IMONN ピンを基準にした場合 -40V、20V

IMONN ピンの電圧

IN ピンを基準にした場合 (Note 3) -0.3V、40V

GND ピンを基準にした場合 -40V、20V

SHDN ピンの電圧

IN ピンを基準にした場合 (Note 3) -0.3V、55V

GND ピンを基準にした場合 -40V、20V

SET ピンの電圧

IN ピンを基準にした場合 (Note 3) -0.3V、36V

GND ピンを基準にした場合 ±36V

SET ピンの電流 (Note 9) ±5mA

OUT ピンの電圧

IN ピンを基準にした場合 (Note 3) -0.3V、36V

GND ピンを基準にした場合 ±36V

出力短絡時間 無期限

動作接合部温度範囲 (Note 2)

E-、Iグレード -40°C ~ 125°C

MP グレード -55°C ~ 150°C

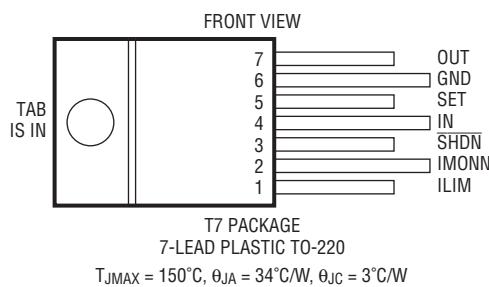
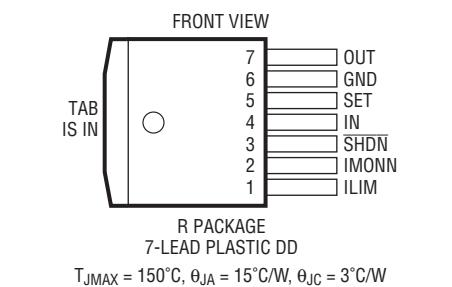
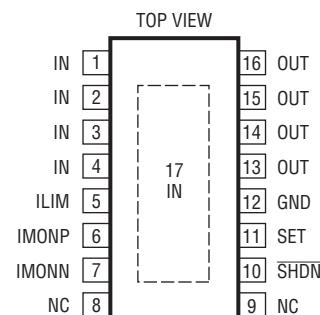
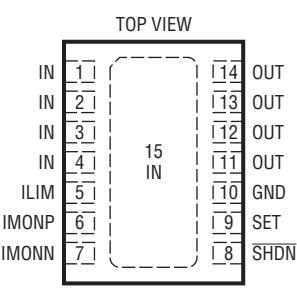
H グレード -40°C ~ 150°C

保存温度範囲 -65°C ~ 150°C

リード温度 (半田付け、10秒)

FE、R、T7 パッケージ 300°C

ピン配置



発注情報

(<http://www.linear-tech.co.jp/product/LT3091#orderinfo>)

無鉛仕上げ	テープ・アンド・リール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LT3091EDE#PBF	LT3091EDE#TRPBF	3091	14-Lead (4mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3091IDE#PBF	LT3091IDE#TRPBF	3091	14-Lead (4mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3091HDE#PBF	LT3091HDE#TRPBF	3091	14-Lead (4mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 150°C
LT3091MPDE#PBF	LT3091MPDE#TRPBF	3091	14-Lead (4mm×3mm) Plastic DFN	-55°C to 150°C
LT3091EFE#PBF	LT3091EFE#TRPBF	3091FE	16-Lead Plastic TSSOP	-40°C to 125°C
LT3091IFE#PBF	LT3091IFE#TRPBF	3091FE	16-Lead Plastic TSSOP	-40°C to 125°C
LT3091HFE#PBF	LT3091HFE#TRPBF	3091FE	16-Lead Plastic TSSOP	-40°C to 150°C
LT3091MPFE#PBF	LT3091MPFE#TRPBF	3091FE	16-Lead Plastic TSSOP	-55°C to 150°C
LT3091ER#PBF	LT3091ER#TRPBF	LT3091R	7-Lead Plastic DD-Pak	-40°C to 125°C
LT3091IR#PBF	LT3091IR#TRPBF	LT3091R	7-Lead Plastic DD-Pak	-40°C to 125°C
LT3091HR#PBF	LT3091HR#TRPBF	LT3091R	7-Lead Plastic DD-Pak	-40°C to 150°C
LT3091MPR#PBF	LT3091MPR#TRPBF	LT3091R	7-Lead Plastic DD-Pak	-55°C to 150°C
LT3091ET7#PBF	N/A	LT3091T7	7-Lead Plastic TO-220	-40°C to 125°C
LT3091IT7#PBF	N/A	LT3091T7	7-Lead Plastic TO-220	-40°C to 125°C
LT3091HT7#PBF	N/A	LT3091T7	7-Lead Plastic TO-220	-40°C to 150°C
LT3091MPT7#PBF	N/A	LT3091T7	7-Lead Plastic TO-220	-55°C to 150°C

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。* 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/tapeandreel/>をご覧ください。

一部のパッケージは、指定販売チャネルを通じて、#TRMPBFの接尾辞付きで500単位のリールで供給されます。

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ の値。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum IN Voltage (Note 11)	$I_{LOAD} = 500\text{mA}$ $I_{LOAD} = 1.5\text{A}$	● -1.9	-1.5	-1.5	V
SET Pin Current (I_{SET})	$V_{IN} = -1.9\text{V}$, $I_{LOAD} = 1\text{mA}$ $-36\text{V} < V_{IN} < -1.9\text{V}$, $1\text{mA} < I_{LOAD} < 1.5\text{A}$ (Note 5)	● 49.5 49	50 50	50.5 51	μA
Output Offset Voltage, V_{OS} ($V_{OUT} - V_{SET}$)	$V_{IN} = -1.9\text{V}$, $I_{LOAD} = 1\text{mA}$ $-36\text{V} < V_{IN} < -1.9\text{V}$, $1\text{mA} < I_{LOAD} < 1.5\text{A}$ (Note 5) (DFN, TSSOP) $-36\text{V} < V_{IN} < -1.9\text{V}$, $1\text{mA} < I_{LOAD} < 1.5\text{A}$ (Note 5) (DD-PAK, TO-220)	● -1.2 -2 -3.5	1.2 2 3.5	1.2 2 3.5	mV
Line Regulation: $\Delta I_{SET}/\Delta V_{IN}$ Line Regulation: $\Delta V_{OS}/\Delta V_{IN}$	$V_{IN} = -1.9\text{V}$ to -36V , $I_{LOAD} = 1\text{mA}$ $V_{IN} = -1.9\text{V}$ to -36V , $I_{LOAD} = 1\text{mA}$		1.5 2.5		nA/V $\mu\text{V}/\text{V}$
Load Regulation: ΔI_{SET} Load Regulation: ΔV_{OS}	$I_{LOAD} = 1\text{mA}$ to 1.5A $I_{LOAD} = 1\text{mA}$ to 1.5A , $V_{IN} = -1.9\text{V}$ (Note 6)	●	2.0 1.2	5.0	nA mV
Output Regulation with SET Pin Voltage Change: $\Delta I_{SET}/\Delta V_{SET}$ $\Delta V_{OS}/\Delta V_{SET}$	$V_{SET} = 0\text{V}$ to -32V , $V_{IN} = -36\text{V}$, $I_{LOAD} = 1\text{mA}$ $V_{SET} = 0\text{V}$ to -32V , $V_{IN} = -36\text{V}$, $I_{LOAD} = 1\text{mA}$	● ●	0.2 2.5	2 40	nA/V $\mu\text{V}/\text{V}$

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Dropout Voltage $V_{IN} = V_{OUT}(\text{NOMINAL})$ (Note 7)	$I_{LOAD} = 1\text{mA}$	●	173	225		mV
	$I_{LOAD} = 1\text{mA}$			270		mV
	$I_{LOAD} = 100\text{mA}$		176	225		mV
	$I_{LOAD} = 100\text{mA}$			280		mV
	$I_{LOAD} = 500\text{mA}$		185	230		mV
	$I_{LOAD} = 500\text{mA}$			320		mV
	$I_{LOAD} = 1.5\text{A}$		300	360		mV
	$I_{LOAD} = 1.5\text{A}$			450		mV
	$I_{LOAD} = 1.5\text{A}$		360	420		mV
	$I_{LOAD} = 1.5\text{A}$			525		mV
DFN and TSSOP	$I_{LOAD} = 20\mu\text{A}$	●	1.2	2.0		mA
	$I_{LOAD} = 1\text{mA}$		1.2	2.0		mA
	$I_{LOAD} = 100\text{mA}$		2.6	5.5		mA
	$I_{LOAD} = 500\text{mA}$		9.3	20		mA
	$I_{LOAD} = 1.5\text{A}$		40	80		mA
TO-220 and DD-Pak	$I_{LOAD} = 20\mu\text{A}$	●	1.2	2.0		mA
	$I_{LOAD} = 1\text{mA}$		1.2	2.0		mA
	$I_{LOAD} = 100\text{mA}$		2.6	5.5		mA
	$I_{LOAD} = 500\text{mA}$		9.3	20		mA
	$I_{LOAD} = 1.5\text{A}$		40	80		mA
Error Amplifier RMS Output Noise (Note 12)	$I_{LOAD} = 1.5\text{A}$, $BW = 10\text{Hz}$ to 100kHz , $C_{OUT} = 10\mu\text{F}$, $C_{SET} = 0.1\mu\text{F}$			18		μVRMS
Reference Current RMS Output Noise (Note 12)	$BW = 10\text{Hz}$ to 100kHz			10		nArms
Ripple Rejection $V_{IN} - V_{OUT} = -1.5\text{V}$ (Avg)	$V_{RIPPLE} = 500\text{mV}_{\text{P-P}}$, $f_{RIPPLE} = 120\text{Hz}$, $I_{LOAD} = 100\text{mA}$, $C_{OUT} = 10\mu\text{F}$, $C_{SET} = 0.47\mu\text{F}$ $V_{RIPPLE} = 50\text{mV}_{\text{P-P}}$, $f_{RIPPLE} = 10\text{kHz}$, $I_{LOAD} = 1.5\text{A}$, $C_{OUT} = 10\mu\text{F}$, $C_{SET} = 0.47\mu\text{F}$ $V_{RIPPLE} = 50\text{mV}_{\text{P-P}}$, $f_{RIPPLE} = 1\text{MHz}$, $I_{LOAD} = 1.5\text{A}$, $C_{OUT} = 10\mu\text{F}$, $C_{SET} = 0.47\mu\text{F}$		70	85		dB
SHDN Pin Turn-ON Threshold	Positive SHDN Rising Negative SHDN Rising (in Magnitude)	●	1.14	1.23	1.32	V
SHDN Pin Hysteresis	Positive SHDN Hysteresis Negative SHDN Hysteresis		-1.36	-1.27	-1.18	V
SHDN Pin Current (Note 10)	$V_{SHDN} = 0\text{V}$ $V_{SHDN} = 15\text{V}$ $V_{SHDN} = -15\text{V}$		-7	21	30	μA
Quiescent Current in Shutdown	$V_{IN} = -6\text{V}$, $V_{SHDN} = 0\text{V}$ $V_{IN} = -6\text{V}$, $V_{SHDN} = 0\text{V}$	●		0.1	1	μA
Internal Current Limit (Note 13)	$V_{IN} = -1.9\text{V}$, $V_{OUT} = 0\text{V}$ $V_{IN} = -13\text{V}$, $V_{OUT} = 0\text{V}$ $V_{IN} = -36\text{V}$, $V_{OUT} = 0\text{V}$ $V_{IN} = -1.9\text{V}$, $\Delta V_{OUT} < 10\text{mV}$	●	1600	1900	2200	mA
Programmable Current Limit	Programmable Scale Factor: $-36\text{V} < V_{IN} < -1.9\text{V}$, $I_{OUT} > 100\text{mA}$ (Note 14) Max I_{OUT} : $V_{IN} = -1.9\text{V}$, $R_{ILIM} = 13.3\text{k}\Omega$ Max I_{OUT} : $V_{IN} = -1.9\text{V}$, $R_{ILIM} = 40\text{k}\Omega$	●	20	65	120	mA
Positive Current Monitor (Note 15)	Positive Current Monitoring (IMONP) Scale Factor $I_{OUT} = 500\text{mA}$, $V_{IN} = -2.5\text{V}$, $V_{IMONN} = 2\text{V}$, $V_{IMONP} = 0\text{V}$ $I_{OUT} = 1.5\text{A}$, $V_{IN} = -2.5\text{V}$, $V_{IMONN} = 2\text{V}$, $V_{IMONP} = 0\text{V}$	●	1550	1850	2150	mA
Negative Current Monitor	Negative Current Monitoring (IMONN) Scale Factor $I_{OUT} = 500\text{mA}$, $V_{IN} = -2.5\text{V}$, $V_{IMONN} = 0\text{V}$, $V_{IMONP} = -2.5\text{V}$ $I_{OUT} = 1.5\text{A}$, $V_{IN} = -2.5\text{V}$, $V_{IMONN} = 0\text{V}$, $V_{IMONP} = -2.5\text{V}$	●	225	250	275	mA
Minimum Required Load Current (Note 4)	$-36\text{V} < V_{IN} < -1.9\text{V}$	●	675	750	825	μA
Thermal Regulation ISET	10ms Pulse			20		μA
				0.04		%/W

電気的特性

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回復不可能な損傷を与える可能性がある。また、長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与えるおそれがある。

Note 2: LT3091は $T_J = T_A$ にはば等しくなるようなパルス負荷条件でテストされ規定されている。LT3091Eは、0°C～125°Cの接合部温度で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ の動作温度範囲での仕様は、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。LT3091は $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で動作することが保証されている。LT3091MPは $-55^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で保証され、全数テストされる。LT3091Hは 150°C の動作接合部温度で全数テストされる。接合部温度が高いと、動作寿命は短くなる。125°Cを超える接合部温度では動作寿命がディレーティングされる。

Note 3: OUT、SET、ILIM、SHDN、IMONP、IMONN、GNDピンとINピンとの間には、内部に寄生ダイオードが存在する。フォルト状態にある間、0.3Vを超えてINピンを下回る電圧でOUT、SET、ILIM、SHDN、IMONP、IMONN、およびGNDピンをドライブしてはならない。通常動作中は、これらのピンを、INピンよりも高い電圧に留める必要がある。

Note 4: 最小出力電流要件を満たさない場合、LT3091は、レギュレーション状態から外れることがある。

Note 5: 最大接合部温度は動作条件を制限する。主に内部の電流制限フォールドバックにより、 $V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN}} \geq 7\text{V}$ の場合に電流制限が減少するため、入力電圧と出力電流の可能な全ての組み合わせに対して安定化出力電圧仕様が適用されるわけではない。最大出力電流で動作している場合は、入力電圧範囲を制限する。最大入力電圧で動作している場合は、出力電流範囲を制限する。

Note 6: 負荷レギュレーションは、パッケージのケルビン接続で検出される

Note 7: ドロップアウト電圧とは、規定出力電流でレギュレーションを維持するのに必要な最小入出力間電圧差のことである。ドロップアウト電圧の条件では、出力電圧は $V_{\text{IN}} + V_{\text{DROPOUT}}$ に等しい。

Note 8: GNDピン電流は $V_{\text{IN}} = V_{\text{OUT(NOMINAL)}}$ および電流源負荷でテストされる。したがって、デバイスはドロップアウト電圧の条件で動作しているときにテストされる。これはワーストケースのGNDピン電流である。入力電圧が高くなると、GNDピン電流は減少する。

Note 9: SETピンは、12k抵抗を経由してダイオードを使用し、OUTにクランプされる。これらの抵抗とダイオードには、過渡過負荷またはフォルト状態の場合にのみ電流が流れる。

Note 10: 正のSHDNピン電流は、SHDNピンに流れ込む。

Note 11: デバイスを確実に動作させるには、SHDNのしきい値を満たす必要がある。

Note 12: 電圧設定抵抗の両端にコンデンサを追加することによって、出力ノイズが減少する。このコンデンサを追加すると、電圧設定抵抗の熱ノイズおよびリファレンス電流のノイズがバイパスされる。これによって、出力ノイズがエラーアンプのノイズと等しくなる(「アプリケーション情報」のセクションを参照)。

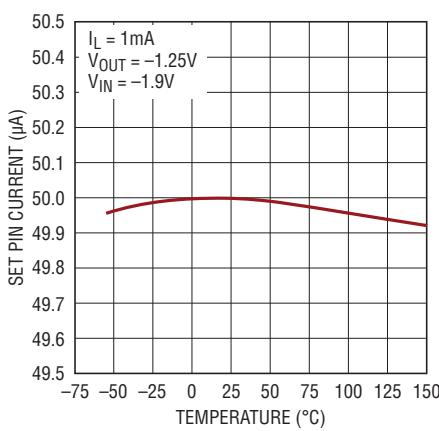
Note 13: 内部のバックアップ電流制限回路には、 $V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN}} \geq 7\text{V}$ の場合に電流が減少するフォールドバック保護が組み込まれている。全ての $V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN}}$ の差動電圧で、出力電流レベルが提供される。電流制限と $V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN}}$ の関係については、「標準的性能特性」のグラフを参照。

Note 14: 電流制限の設定スケール係数は、内部バックアップ電流制限がアクティブではない場合に規定される。 V_{out} と V_{in} 間の電圧差が 7V を超える場合、内部電流制限にはフォールドバック保護が存在することに注意すること。

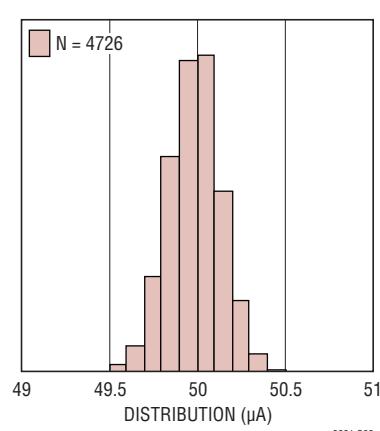
Note 15: 正電流をモニタする場合、IMONNをIMONPよりも2V以上高くバイアスする。

標準的性能特性 注記がない限り、 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 。

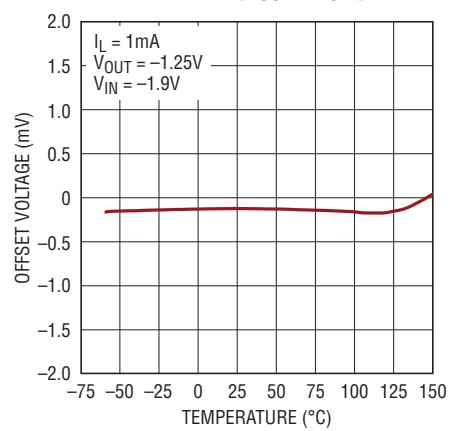
SETピンの電流



SETピンの電流

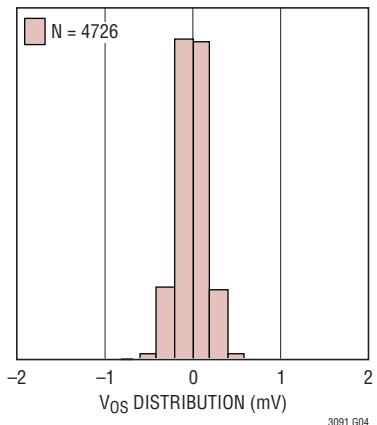


オフセット電圧($V_{\text{OUT}} - V_{\text{SET}}$)

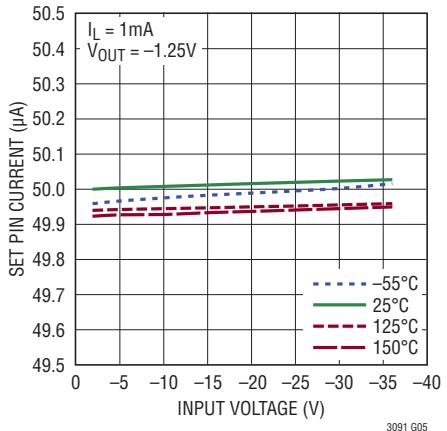


標準的性能特性 注記がない限り、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 。

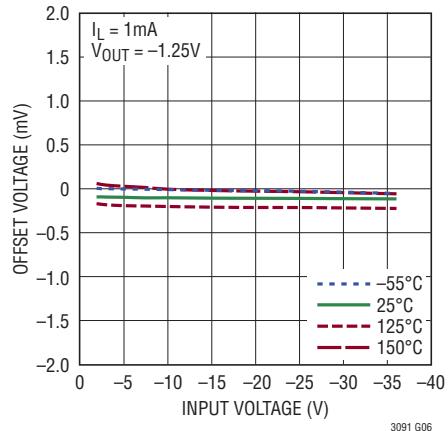
オフセット電圧



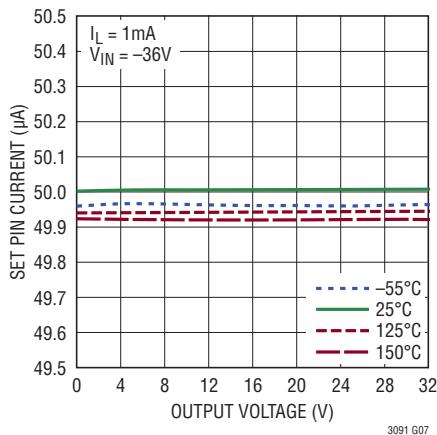
SETピンの電流



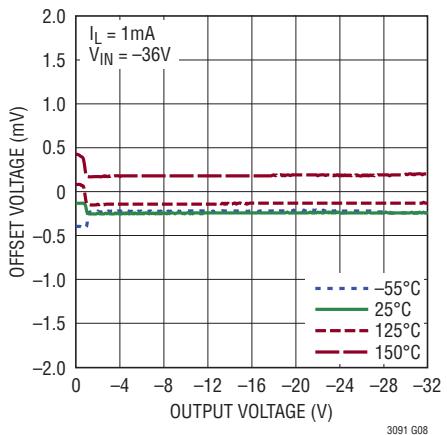
オフセット電圧($V_{\text{OUT}} - V_{\text{SET}}$)



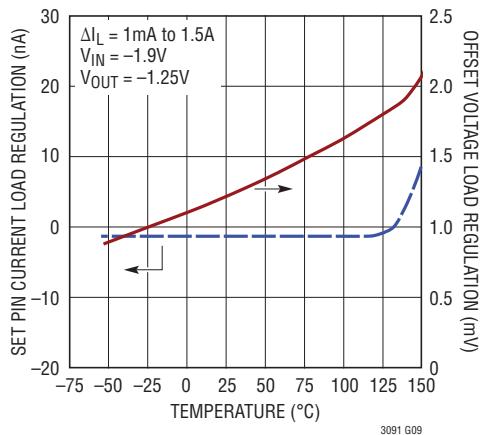
SETピンの電流



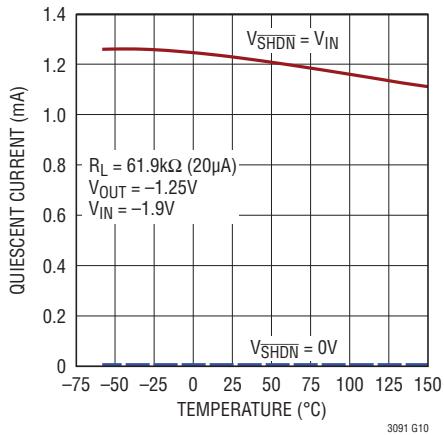
オフセット電圧($V_{\text{OUT}} - V_{\text{SET}}$)



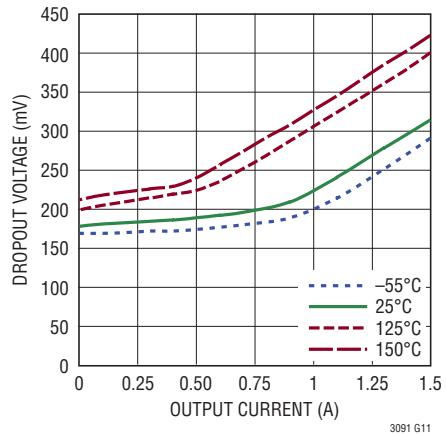
負荷レギュレーション



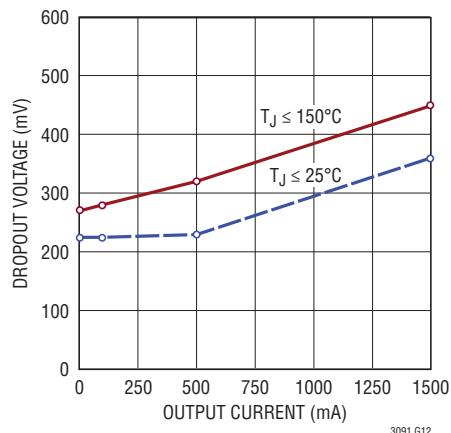
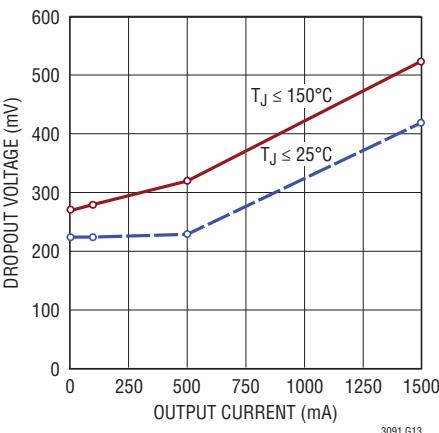
静止電流



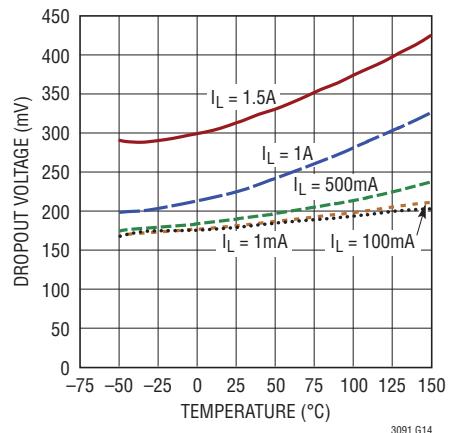
標準的ドロップアウト電圧



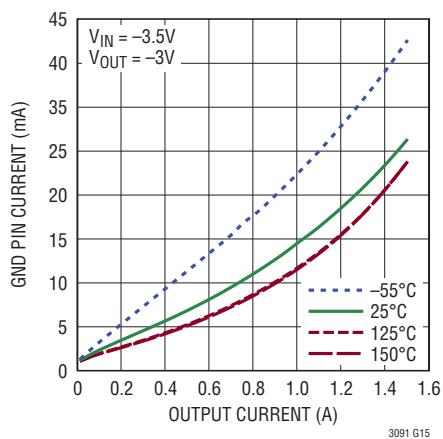
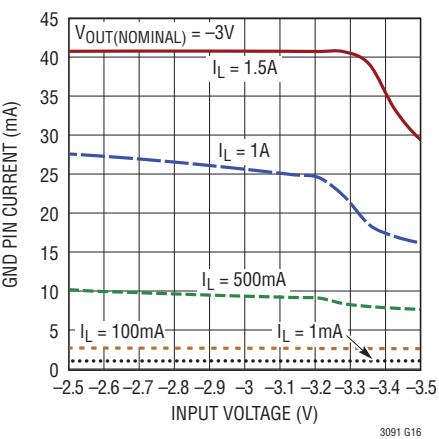
標準的性能特性

注記がない限り、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 。保証されているドロップアウト電圧
(DFN および MSOP パッケージ)保証されているドロップアウト電圧
(TO-220 および DD パッケージ)

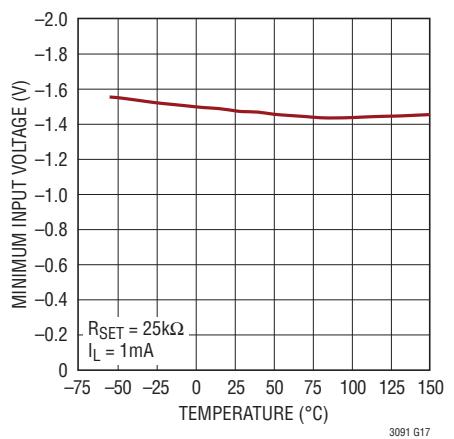
ドロップアウト電圧



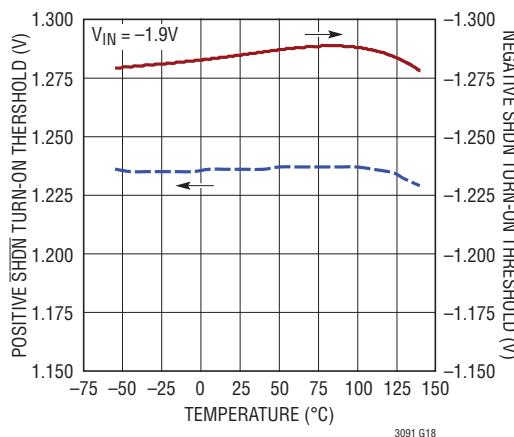
GND ピンの電流

ドロップアウト状態に入る
GND ピンの電流

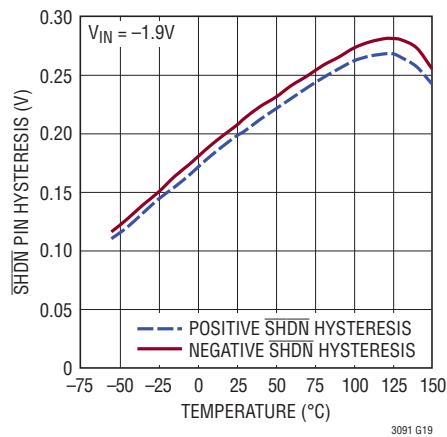
最小入力電圧



SHDN のオンしきい値



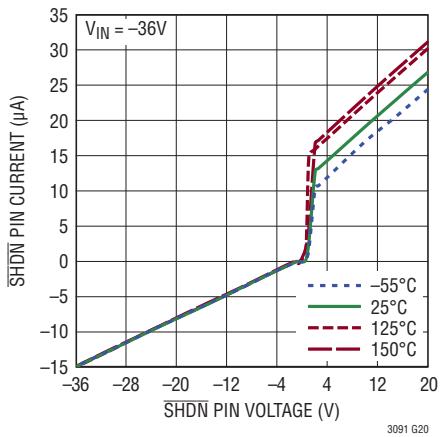
SHDN ピンのヒステリシス



LT3091

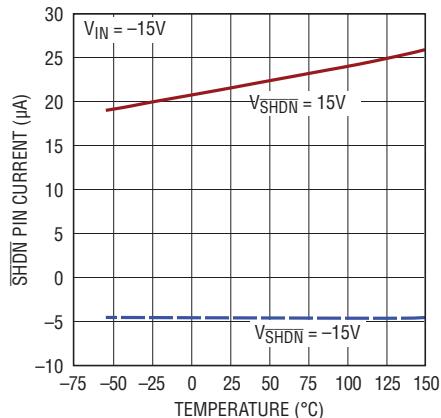
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 。

SHDNピンの電流



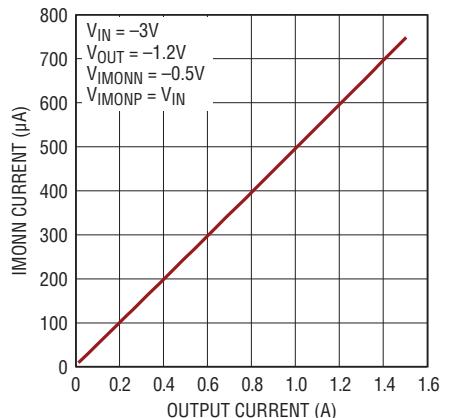
3091 G20

SHDNピンの電流



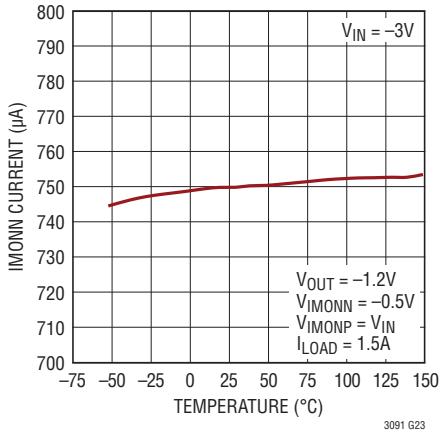
3091 G21

IMONNピンの電流



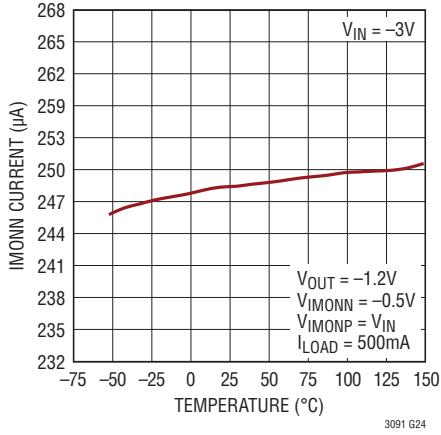
3091 G22

1.5AでのIMONNピンの電流



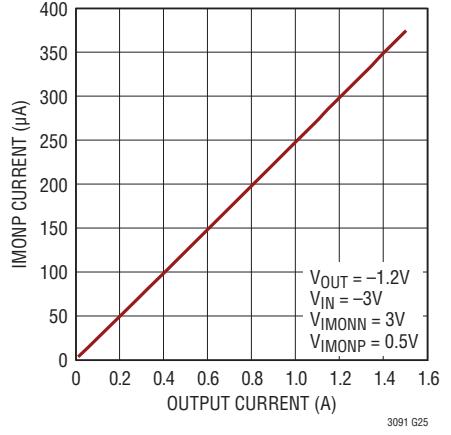
3091 G23

500mAでのIMONNピンの電流



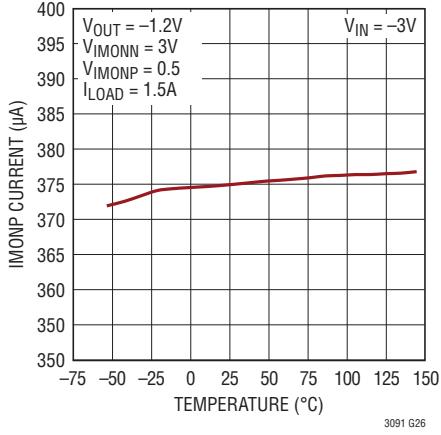
3091 G24

IMONPピンの電流



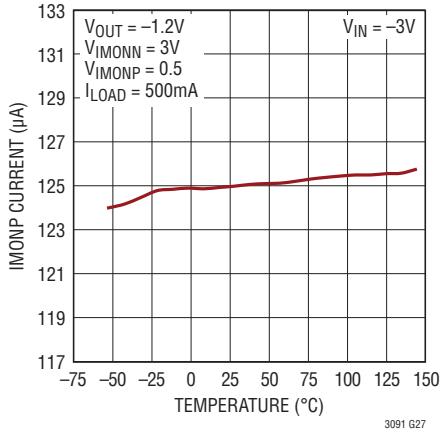
3091 G25

1.5AでのIMONPピンの電流



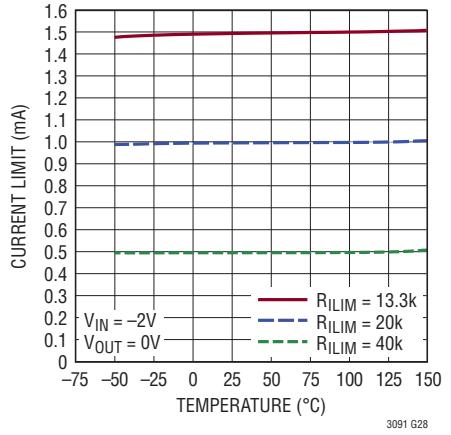
3091 G26

500mAでのIMONPピンの電流



3091 G27

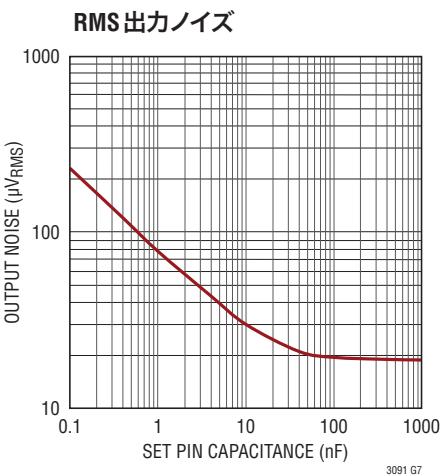
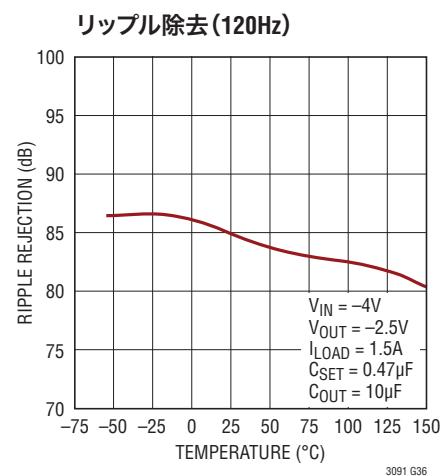
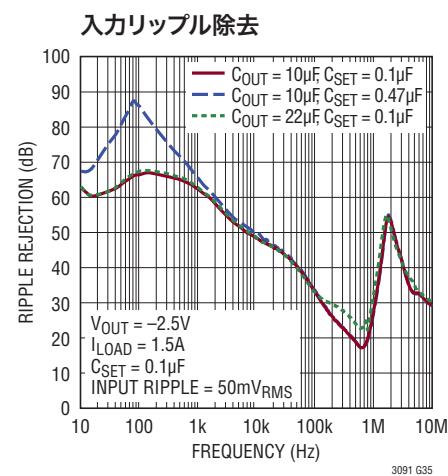
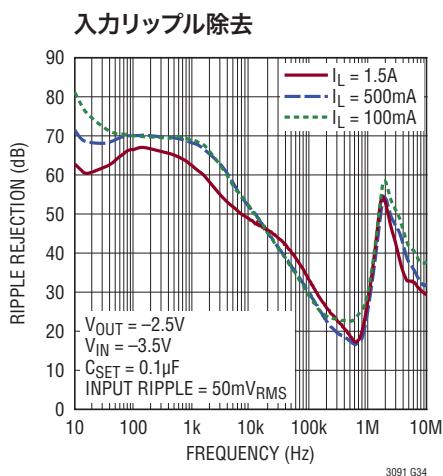
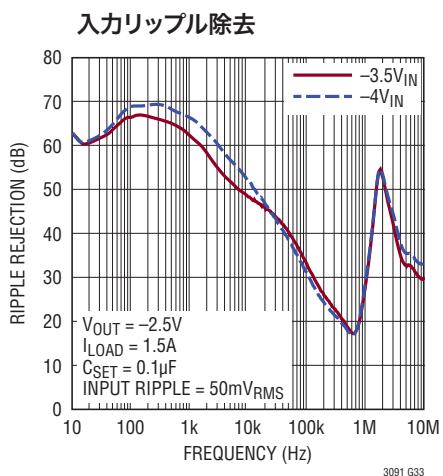
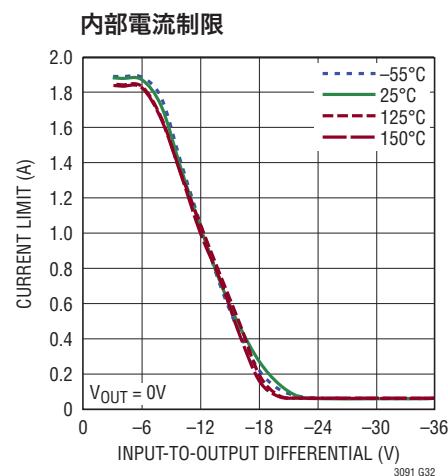
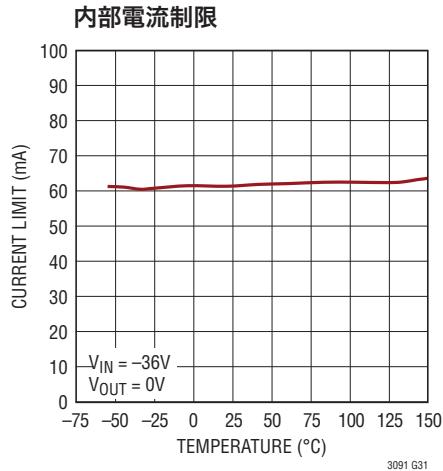
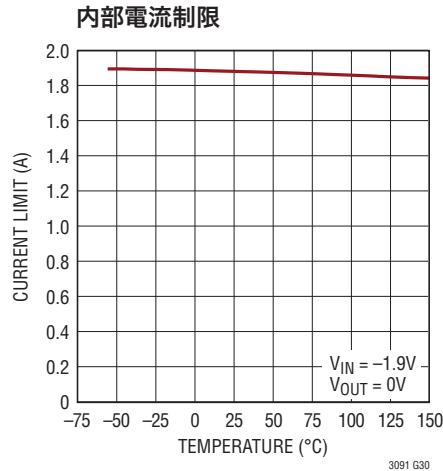
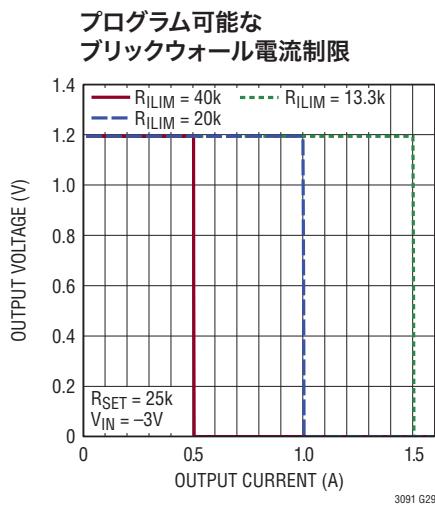
プログラム可能な電流制限



3091 G28

標準的性能特性

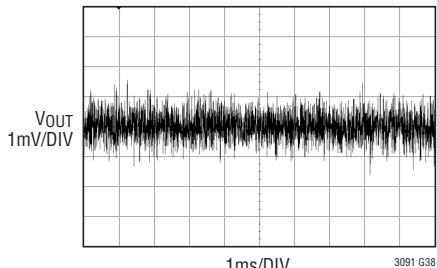
注記がない限り、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 。



LT3091

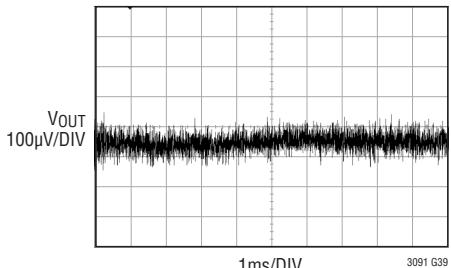
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 。

出力ノイズ: 10Hz ~ 100kHz



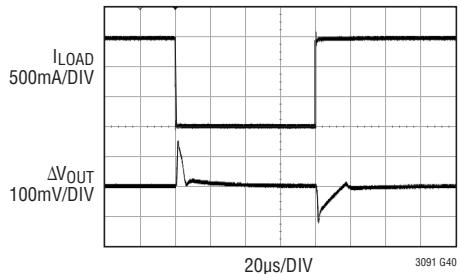
V_{IN} : -3.5V
 C_{OUT} : 10 μF , C_{SET} : 20 pF
 V_{OUT} : -2V
 I_L : 1.5A

出力ノイズ: 10Hz ~ 100kHz



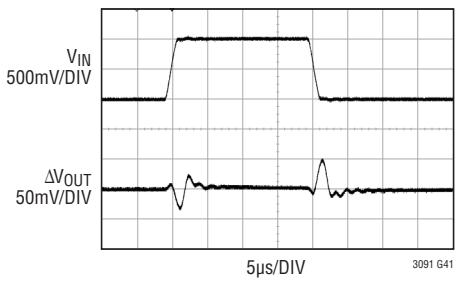
V_{IN} : -3.5V
 C_{OUT} : 10 μF , C_{SET} : 0.1 μF
 V_{OUT} : -2.5V
 I_L : 1.5A

負荷トランジエント応答、-3V $_{OUT}$



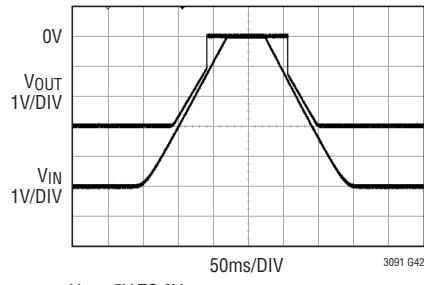
I_{LOAD} : 20mA TO 1.5A
 C_{OUT} : 10 μF , C_{SET} : 0.1 μF
 V_{OUT} : -3V
 V_{IN} : -4V, $\overline{SHDN} = \text{IN}$

入力トランジエント応答



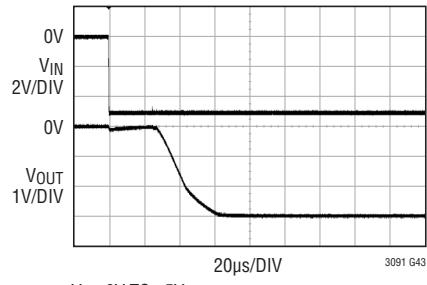
V_{IN} : -5V TO -4V
 C_{OUT} : 10 μF , C_{SET} : 0.1 μF
 V_{OUT} : -3V
 I_L : 1.5A, $\overline{SHDN} = \text{IN}$

低速入力電源のランプアップとランプダウン



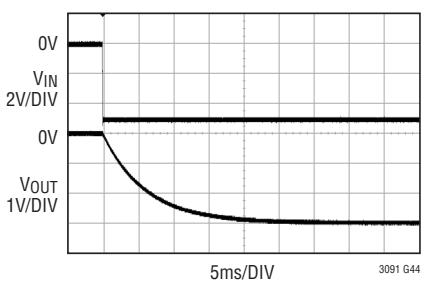
V_{IN} : -5V TO 0V
 C_{OUT} : 10 μF , C_{SET} : 0.1 μF
 V_{OUT} : -3V TO 0V
 I_L : 1.5A, $\overline{SHDN} = \text{IN}$

高速入力電源のスタートアップ



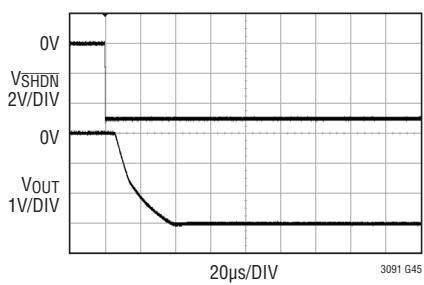
V_{IN} : 0V TO -5V
 C_{OUT} : 10 μF , C_{SET} : 100 pF
 V_{OUT} : 0V TO -3V
 I_L : 1.5A, $\overline{SHDN} = \text{IN}$

高速入力電源のスタートアップ



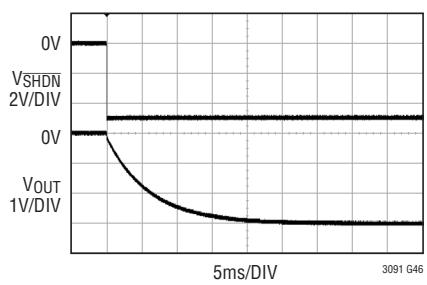
V_{IN} : 0V TO -5V
 C_{OUT} : 10 μF , C_{SET} : 0.1 μF
 V_{OUT} : 0V TO -3V
 I_L : 1.5A, $\overline{SHDN} = \text{IN}$

高速 \overline{SHDN} 起動



V_{IN} : -5V
 C_{OUT} : 10 μF , C_{SET} : 100 pF

高速 \overline{SHDN} 起動



V_{IN} : -5V
 C_{OUT} : 10 μF , C_{SET} : 0.1 μF

ピン機能 (DFN/TSSOP/R/T7)

IN (ピン1～4、露出パッド・ピン15/ピン1～4、露出パッド17/ピン4、タブ/ピン4、タブ): 入力。これらのピンはレギュレータに電力を供給します。DFNパッケージやTSSOPパッケージの露出裏面パッドと同様に、DD-PAKやTO-220パッケージのタブも、INおよびデバイスのサブストレートとの電気的接続点です。適切な電気的性能および熱的性能を得るには、全てのINピンを互いに接続し、PCB上のパッケージの露出した裏面/タブにINを接続します。熱に関する検討事項および接合部温度の計算については、「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。LT3091はINにバイパス・コンデンサが必要です。一般に、バッテリの出力インピーダンスは周波数とともに上昇するので、バッテリ電源アプリケーションにはバイパス・コンデンサを実装します。通常は、 $4.7\mu\text{F} \sim 10\mu\text{F}$ の範囲の入力バイパス・コンデンサで足りますが、負荷トランジエントまたは入力ラインが大きいアプリケーションでは、入力電源の電圧の低下や入力のリンギングを防ぐために、さらに大きな入力容量が必要になる場合があります。

ILIM (ピン5/ピン5/ピン1/ピン1): 電流制限の設定ピン。ILIMピンとINピンの間に外付け抵抗を接続して、電流制限設定ポイントを設定します。最高の精度を得るには、この抵抗とINピンをケルビン接続します。設定スケール係数は、公称 $20\text{A} \cdot \text{k}\Omega$ です。電流制限の精度は、全温度範囲で $\pm 10\%$ です。使用しない場合は、ILIMをINに接続し、デバイスを内部電流制限によって保護します。LT3091のILIMピンとINピンの間には、寄生サブストレート・ダイオードが存在します。このため、通常動作でもフォルト状態でも 0.3V を超えてINを下回るまでILIMピンをドライブしないようにしてください。

IMONP (ピン6/ピン6/NA/NA): 正電流モニタ・ピン。正電流をモニタする場合、IMONPとGNDの間に抵抗を接続します。IMONPは、出力電流の $1/4000$ に等しい電流をソースします。負電流をモニタする場合は、このピンをINに接続します。正しく動作するには、INとIMONPの電圧を、IMONNよりも 2V 以上低くする必要があります。使用しない場合、IMONPをINに接続します。LT3091のIMONPピンとINピンの間には、寄生サブストレート・ダイオードが存在します。このため、通常動作でもフォルト状態でも 0.3V を超えてINを下回るまでIMONPピンをドライブしないようにしてください。

IMONN (ピン7/ピン7/ピン2/ピン2): 負電流モニタ・ピン。負電流をモニタする場合、IMONNとGNDの間に抵抗を接続します。IMONNは、出力電流の $1/2000$ に等しい電流をシンクします。正電流をモニタする場合は、IMONNを(IMONPよりも 2V 以上高い)正電源電圧にバイアスします。使用しない場合、IMONNをGNDピンに接続します。LT3091のIMONNピンとINピンの間には、寄生サブストレート・ダイオードが存在します。このため、通常動作でもフォルト状態でも 0.3V を超えてINを下回るまでIMONNピンをドライブしないようにしてください。

SHDN (ピン8/ピン10/ピン3/ピン3): シャットダウン。LT3091をマイクロパワー・シャットダウン状態にして、出力電圧をオフにする場合、SHDNピンを使用します。SHDNは双方向に機能し、正または負のロジックによって、レギュレータをオン/オフできます。SHDNピンのしきい値電圧はGNDが基準です。SHDNピンの電圧をGNDの $\pm 0.45\text{V}$ 以内にすると、LT3091の出力はオフします。SHDNピンの電圧を $\pm 1.4\text{V}$ の範囲外にドライブすると、LT3091はオンします。SHDNピンは、ロジック・ゲートか、プルアップ抵抗を使用したオープン・コレクタ/ドレイン・ロジックのいずれかでドライブします。抵抗にはオープン・コレクタ/ドレイン・ゲートのプルアップ電流が流れます。SHDNピンの最大電流は、(負論理の場合)このピンから $7\mu\text{A}$ 流れ出し、(正論理の場合)このピンに $30\mu\text{A}$ 流れ込みます。SHDN機能を使わない場合は、SHDNピンを V_{IN} または正のバイアス電圧に接続してデバイスをオンします。SHDNピンはフロート状態にしないでください。「アプリケーション情報」のセクションで詳細に説明しますが、SHDNピンは、プログラム可能な低電圧ロックアウト(UVLO)しきい値の設定にも使用できます。LT3091のSHDNピンとINピンの間には、寄生ダイオードが存在します。このため、通常動作でもフォルト状態でも 0.3V を超えてINを下回るまでSHDNピンをドライブしないようにしてください。

ピン機能 (DFN/TSSOP/R/T7)

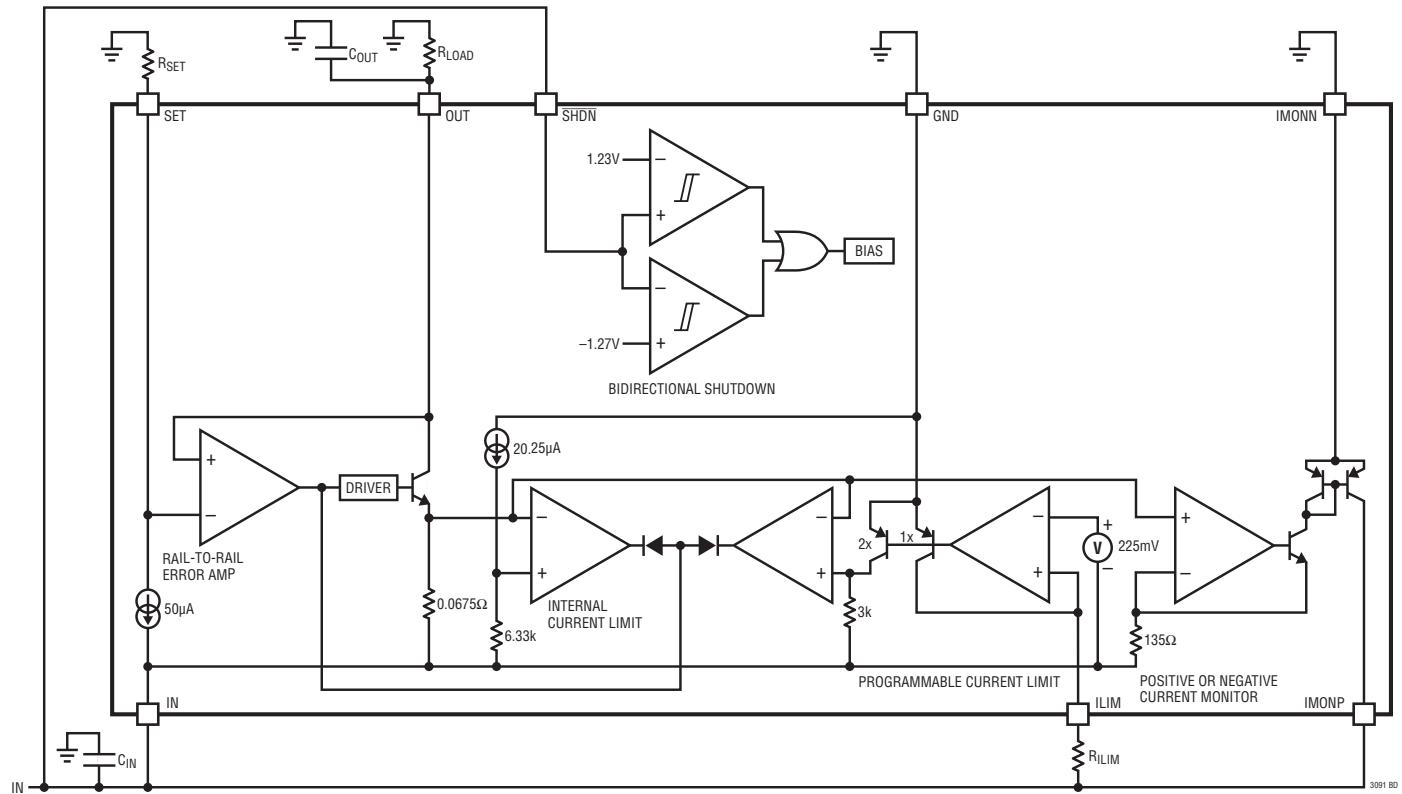
SET(ピン9/ピン11/ピン5/ピン5) : 設定ピン。このピンは、エラーアンプへの反転入力であり、このデバイスのレギュレーション設定ポイントです。このピンには、 $50\mu A$ の高精度固定電流が流れます。SETとGNDの間に抵抗を接続して、LT3091の出力電圧を設定します。出力電圧範囲は0～-32Vです。SETとGNDの間にバイパス・コンデンサを追加すると、トランジエント応答、PSRR、ノイズ性能が改善され、出力がソフトスタートします。最適な負荷レギュレーション性能を得るには、SETピンの抵抗のGND側を負荷にケルビン接続します。LT3091のSETピンとINピンの間には、寄生サブストレート・ダイオードが存在します。このため、通常動作でもフォルト状態でも0.3Vを超えてINを下回るまでSETピンをドライブしないようにしてください。

GND(ピン10/ピン12/ピン6/ピン6) : グランド。このピンは、LT3091の静止電流とNPNパス・トランジスタへのドライブ電流を供給します。LT3091のGNDピンは、高い多用途性を持ちます。アプリケーションの要件に応じて、このピンを、システムのグランド、正電圧、またはOUTピンに接続できます。LT3091のGNDピンとINピンの間には、寄生サブストレート・ダイオードが存在します。このため、通常動作でもフォルト状態でも0.3Vを超えてINを下回るまでGNDピンをドライブしないようにしてください。

OUT(ピン11～14/ピン13～16/ピン7/ピン7) : 出力ピン。これらのピンは負荷に電力を供給します。最高の性能を得るために、全てのOUTピンを相互に接続します。発振を防止するため、ESRが500mΩ未満の最小10μFの出力コンデンサを使用してください。「電気的特定」の表に示したように、不安定になるのを防ぐには、 $20\mu A$ の最小負荷電流が必要です。負荷トランジエントが大きいアプリケーションでは、ピーク・トランジエント電圧を制限するために大きな出力コンデンサが必要です。出力容量の詳細については、「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。LT3091のOUTピンとINピンの間には、寄生サブストレート・ダイオードが存在します。このため、通常動作でもフォルト状態でも0.3Vを超えてINを下回るまでOUTピンをドライブしないようにしてください。

NC (NA/ピン8～9/NA/NA) : 接続なし。NCピンは内部回路に接続されておらず、VIN、GNDに接続するか、フロート状態にすることができます。

ブロック図



アプリケーション情報

LT3091は、1.5Aのレール・トゥ・レール出力を備える、負電圧、低ドロップアウト・リニア・レギュレータです。極めて低い出力ノイズ、広い帯域幅、プログラム可能な高精度の電流制限、高精度の正電流または負電流モニタ、および双方向シャットダウンを特徴としています。LT3091は300mVの標準的ドロップアウト電圧で1.5Aを供給します。LT3091は、他のデバイスとは異なり、低ドロップアウト性能を実現するために、別の電源を必要としません。1.2mAの静止電流は、シャットダウン時に、1µAをはるかに下回って低下します。

LT3091は使いやすく、高性能レギュレータに求められる保護機能を全て備えています。短絡保護、安全動作領域保護、ヒステリシス付きサーマル・シャットダウンなどの機能です。レギュレータの負荷が正電源に戻る両極性電源アプリケーションでは、OUTはGNDより最大36V引き上げられる可能性がありますが、LT3091は引き続き安全に起動できます。

出力電圧

LT3091は、SETピンに流れる温度係数がゼロの50µAリファレンス電流源を内蔵しています。SETピンは、エラーアンプの反転入力です。SETピンとグランドの間に抵抗を接続すると、エラーアンプの基準点になる電圧が生成されます(図1参照)。リファレンス電圧は、SETピンの電流と抵抗値をそのまま掛け合わせた値(オームの法則： $V = I \cdot R$)です。レール・トゥ・レール・エラーアンプの単位利得構成によって、非反転入力(OUTピン)に低インピーダンスの電圧が生成されます。出力電圧は、0V(ゼロΩの抵抗を使用)～ $V_{IN} +$ ドロップアウト電圧の範囲でプログラム可能です。表1に、複数の一般的な出力電圧と、それに対応する1% RSET抵抗を示します。

表1. 一般的な出力電圧の1% 抵抗

V_{OUT} (V)	R_{SET} (kΩ)
-2.5	49.9
-3	60.4
-3.3	66.5
-5	100
-12	243
-15	301

LT1185、LT1175、LT1964、LT3015などの従来型のレギュレータのように電圧リファレンスを使用するのではなく、電流リファレンスを使用する利点は、出力電圧の設定に関わらず、デバイスが必ず単位利得構成で動作することです。これによって、LT3091のループ利得、周波数応答、および帯域幅を、出力電圧から独立させることができます。さらに、SETピンの電圧をより高い出力電圧に増幅するために、エラーアンプの利得が必要になります。その結果、出力負荷レギュレーションを、出力電圧に対する固定された割合ではなく、ミリボルト単位で指定できます。

温度係数がゼロの電流源が非常に正確であるため、SETピンの抵抗は、高精度の実現を制限する要因になります。そのため、この抵抗は、高精度である必要があります。さらに、SETピンへの、またはSETピンからのリーク電流経路が存在する場合、出力電圧に誤差が生じます。必要に応じて、高品質の絶縁材料(例えば、テフロン、Kel-F)を使用します。さらに、全ての絶縁表面を洗浄し、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。高湿度の環境では、SETピンで表面をコーティングして、防湿層を形成することが必要になる場合があります。

SETピンに近い電位で動作するガードリングを使用してSETピンを囲み、基板のリーク電流を最小限に抑えます。できれば、ガードリングをOUTピンに接続します。回路基板の両側をガードする必要があります。バルク漏れ電流の減少はガ

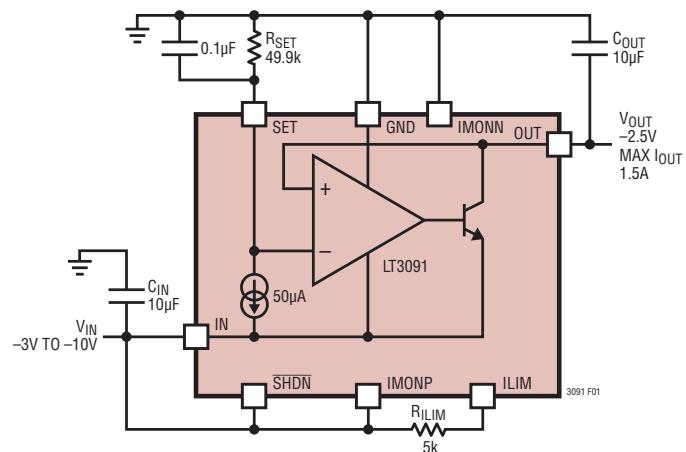


図1. 基本的な可変レギュレータ

アプリケーション情報

ドーリングの幅に依存します。SETピンから流れる、またはSETピンに流れるリーク電流を50nAまで減らすと、リファレンス電圧の誤差は0.1%になります。この大きさの漏れ電流は、他の漏れ電流源が加わって、特に動作温度範囲が広い場合に、出力電圧に著しい誤差を引き起こす場合があります。図2に、標準的なガードリング・レイアウト技法を示します。

ガードリング技法を使用すると、SETピンの浮遊容量は、実質的に除去されます。SETピンは、高インピーダンス・ノードです。そのため、不要な信号がSETピンに結合し、不規則な動作を引き起こす場合があります。これは、最小の出力コンデンサを使用して軽負荷電流で動作する場合に、最も顕著になります。最も簡単な改善方法は、小容量のコンデンサを使用してSETピンをグランドにバイパスすることです(通常は、100pFで十分です)。

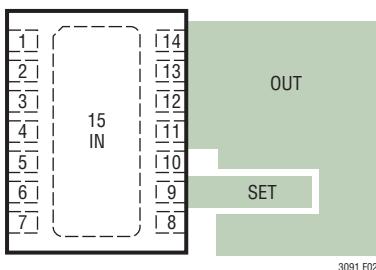


図2. DFNのガードリング・レイアウト

安定性と入力容量

LT3091は、INピンに最小の10 μ Fのコンデンサを配置すると安定します。低ESRのセラミック・コンデンサを使用してもかまいません。ただし、電源からLT3091の入力およびグランドまでの導線が長い場合は、入力コンデンサの値が小さい上に出力負荷電流が大きいと、不安定になることがあります。この原因は、導線のインダクタンスと入力コンデンサによって形成される共振LCタンク回路であり、LT3091の不安定性の結果ではありません。

導線の自己インダクタンス(単独のインダクタンス)は、導線の長さに正比例します。ただし、導線の直径はその自己インダクタンスにあまり影響しません。例えば、直径が0.26"のAWG2絶縁導線の自己インダクタンスは、直径が0.01"のAWG30導線のインダクタンスのおよそ半分です。1フィートのAWG30導線の自己インダクタンスは465nHです。

導線の自己インダクタンスを減らす方法はいくつか存在します。1つの方法は、LT3091に流れ込む電流を2つの並列な導体に分割することです。この場合、導線を更に離して配置すると、インダクタンスが減少します。例えば、わずか数インチ離して配置するだけで最大50%減少します。導線を分割すると、2つの等しいインダクタを並列に接続したことになります。ただし、互いに近づけて配置すると、導線の全自己インダクタンスに相互インダクタンスが加わります。2つ目の、全インダクタンスを低減する最も有効な技法は、順方向電流および戻り電流の導線(入力導線およびグランド導線)を近づけて配置することです。AWG30の導線2本を0.02"離した場合、全体的な自己インダクタンスは1本の導線の約1/5に減少します。

近くに設置したバッテリでLT3091に電力を供給する場合は、10 μ Fの入力コンデンサで十分に安定性を確保できます。ただし、遠く離れた電源からLT3091に電力を供給する場合には、より大きな値の入力コンデンサを使用します。おおまかな目安としては、(10 μ Fの最小値とは別に)導線の長さ8"につき1 μ Fを使用してください。アプリケーションの安定化に必要な最小入力容量も、電源の出力インピーダンスの変動に応じて変化します。LT3091の出力に追加のコンデンサを接続することも効果的です。ただし、このためには追加のLT3091入力バイパス・コンデンサと比較して1桁大きい容量が必要です。また、電源とLT3091の入力の間に直列抵抗を接続することもアプリケーションの安定化に役立ちます。わずか0.1 Ω ~0.5 Ω の小さな抵抗で十分です。このインピーダンスによってLCタンク回路の共振が減衰しますが、代償としてドロップアウト電圧が発生します。より良い代替手段は、LT3091の入力に、セラミック・コンデンサの代わりに高ESRのタンタル・コンデンサまたは電解コンデンサを使用することです。

安定性と出力容量

LT3091は、安定性確保のため出力コンデンサが必要です。ESRの低いコンデンサ(セラミック・コンデンサ、タンタル・コンデンサ、低ESR電解コンデンサなど)を使用すると、安定します。発振を防止するため、ESRが500m Ω 以下、容量が10 μ F以上の出力コンデンサを推奨します。出力容量の値を大きくすると、負荷トランジェントの間のピーク出力の偏差が減少します。全ての動作条件でLT3091の安定性を維持するには、20 μ A以上の負荷電流が必要になります。

アプリケーション情報

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・コンデンサはさまざま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。最も広く使われている誘電体は、Z5U、Y5V、X5R および X7R の EIA 温度特性コードによって規定されています。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のには適していますが、図3と図4に示すように、電圧係数と温度係数が大きくなります。5V のレギュレータに使用する場合、16V 10 μ 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 μ F ~ 2 μ F の小さな実効値になる可能性があります。

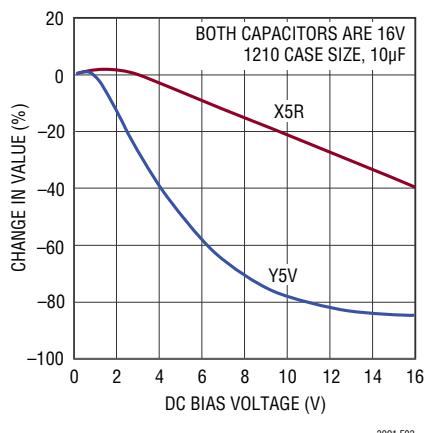


図3. セラミック・コンデンサのDCバイアス特性

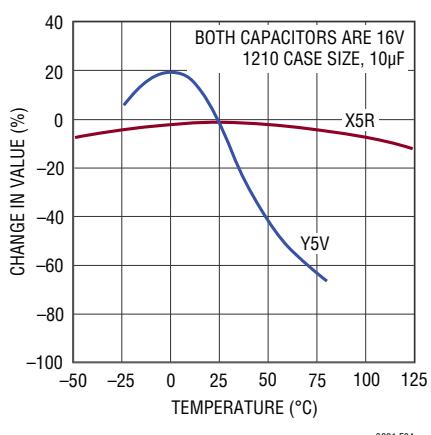


図4. セラミック・コンデンサの温度特性

X5R と X7R の誘電体を使用するとさらに安定した特性が得られるので、これらはレギュレータの出力コンデンサとして使用するのにより適しています。X7R の誘電体は全温度範囲にわたって安定性が優れていますが、X5R タイプは安価で大きな値のものが入手可能です。それでも、X5R および X7R コンデンサを使用する場合、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のみを規定します。X5R と X7R の DC バイアスによる容量変化は Y5V や Z5U の誘電体に比べると小さいですが、それでも容量が十分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ことを強く推奨します。

電圧係数と温度係数だけが問題の原因ではありません。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。圧電素子は、機械的応力が加わると、圧電マイクロホンと同様に、端子間に電圧が発生します。セラミック・コンデンサの場合、システム内の機械的振動によって、または熱トランジエントによって、応力が誘起されることがあります。

出力ノイズの分析

LT3091 は、ノイズ性能に関して多くのメリットを提供します。従来のリニア・レギュレータには、複数のノイズ発生源があります。LDO の最も重要なノイズ源は、LDO の電圧リファレンス、エラーアンプ、出力電圧を設定する分割器ネットワーク内の抵抗のノイズ、およびこの抵抗分割器で発生するノイズ利得です。

多くの低ノイズレギュレータのピンは、電圧リファレンスを出力し、リファレンスのノイズをバイパスして削減できます。LT3091 は、他のリニア・レギュレータとは異なり、従来の電圧リファレンスを使用しません。代わりに、50 μ A の電流源リファレンスを使用します。この電流は、31.6pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$ (10Hz ~ 100kHz の帯域幅で 10nARMS) の標準ノイズ電流レベルで動作します。電圧ノイズは、ノイズ電流に抵抗値を掛けた値になります。抵抗自体も、 $\sqrt{4kT\bar{R}}$ (k はボルツマン定数 ($1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K)、 T は絶対温度) に等しいスポット・ノイズを発生します。このノイズは、リファレンス電流ノイズに RMS として加算されます。

アプリケーション情報

従来のリニア・レギュレータが直面した1つの問題は、 V_{OUT} を設定する抵抗分割器の利得によって、リファレンス・ノイズが増加することです。対照的に、LT3091の単位利得フォロワ・アキテクチャは、SETピンから出力への利得を発生しません。したがって、コンデンサによってSETピンをバイパスすると、出力ノイズは、出力電圧設定から事実上独立になります。その結果発生する出力ノイズは、エラーアンプのノイズ(通常は $57\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 、 $10\text{Hz} \sim 100\text{kHz}$ の帯域幅で $18\mu\text{VRMS}$)によって設定されます。

「標準的性能特性」のセクションのグラフに、 $10\text{Hz} \sim 100\text{kHz}$ の帯域幅のリファレンス電流とエラーアンプの両方のノイズ・スペクトラム密度とピーク・トゥ・ピーク・ノイズ特性を示します。

SETピン(バイパス)の容量:出力ノイズ、PSRR、トランジエント応答、およびソフトスタート

コンデンサを使用してSETピンの電圧設定抵抗をバイパスすると、出力ノイズが低下します。SETとGNDの間に $0.1\mu\text{F}$ を接続すると出力ノイズが $18\mu\text{VRMS}$ に低下することを、「標準的性能特性」セクションで示しています。複数のLT3091を並列に接続すると、ノイズは更に \sqrt{N} (Nは並列レギュレータの数)だけ減少します。「標準的性能特性」セクションのグラフで、異なるバイパス容量の値について、エラーアンプのノイズ・スペクトラム密度とピーク・トゥ・ピーク・ノイズの特性を示しています。

SETピンのバイパス・コンデンサを使用すると、PSRRとトランジエント応答の性能も向上します。バイパス・コンデンサのリーク電流によるLT3091のDCレギュレーションの悪化に注意することは、重要です。コンデンサの 50nA のリーク電流でさえ、 0.1% のDC誤差を発生させます。そのため、品質の良い低リークのコンデンサを使用することを推奨します。

SETピンのバイパス・コンデンサを使用する最後の利点は、出力がソフトスタートし、突入電流が制限されることです。SETピンの抵抗とコンデンサによって形成されるRC時定数によって、ソフトスタート時間を制御します。公称 V_{OUT} の $0 \sim 90\%$ のランプアップ・レートは次の式で表されます。

$$t_{SS} \approx 2.3 \cdot R_{SET} \cdot C_{SET}$$

高い精度または調整可能な出力電圧を必要とするアプリケーションの場合、 $50\mu\text{A}$ をソースできる外部電圧源によって、SETピンをアクティブにドライブできます。アプリケーションの制限は、回路設計者の創造性と創意工夫によって決まります。例えば、高精度電圧リファレンスをSETピンに接続すると、リファレンス電流と抵抗の許容誤差に起因する出力電圧のどのような誤差も除去されます。

シャットダウン/UVLO

\overline{SHDN} ピンは、LT3091をマイクロパワー・シャットダウン状態にするために使用します。LT3091は、 \overline{SHDN} ピンに -1.27V の正確なオンしきい値を備えています。このしきい値を入力電源から接続されている抵抗分割器と組み合わせて使うことで、レギュレータの低電圧ロックアウト(UVLO)の正確なしきい値を定めることができます。抵抗分割器ネットワークの値を決めるときは、(しきい値での) \overline{SHDN} ピンの電流を考慮する必要があります。 \overline{SHDN} ピンの電流と \overline{SHDN} ピンの電圧の関係については、「標準的性能特性」のグラフを参照してください。

さらに、 \overline{SHDN} ピンは双方向であるため、このピンの電圧が $\pm 1.4\text{V}$ の範囲を超えると、LT3091がオフになります。両極性電源アプリケーションでは、 \overline{SHDN} の正のしきい値を使用して、正のレギュレータがオフになった後にLT3091をオフにするシーケンスを制御できます。

電流のモニタ(IMONNおよびIMONP)

LT3091は、高精度の正電流または負電流モニタを備えています。ブロック図に示すように、負電流モニタ・ピン(IMONN)は、出力電流に比例(1:2000)して電流をシンクします。一方、正電流モニタピン(IMONP)は、出力電流に比例(1:4000)して電流をソースします。正しい動作を得るために、IMONNの電圧を、必ずINとIMONPよりも2V以上高くしてください。

図5で詳しく示すように、負電流モニタ・アプリケーションの場合、IMONPをINに接続し、IMONNを抵抗を介してGNDに接続します。これによって、IMONNに(出力電流に比例して)負電圧が発生します。さらに、図6に示すように、負電流モニタ・ピンを、ケーブルによる電圧降下の補償に使用することもできます。ケーブルによる電圧降下の補償は、LT3091のOUTピンと負荷の間の抵抗性接続によって発生する、負荷に依存する電圧降下を補正します。

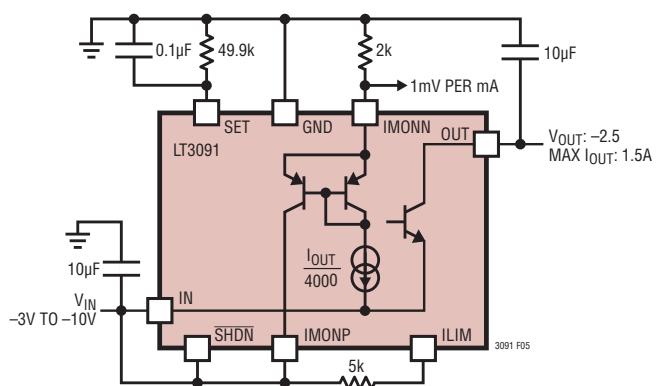


図5. 負出力電流モニタ

アプリケーション情報

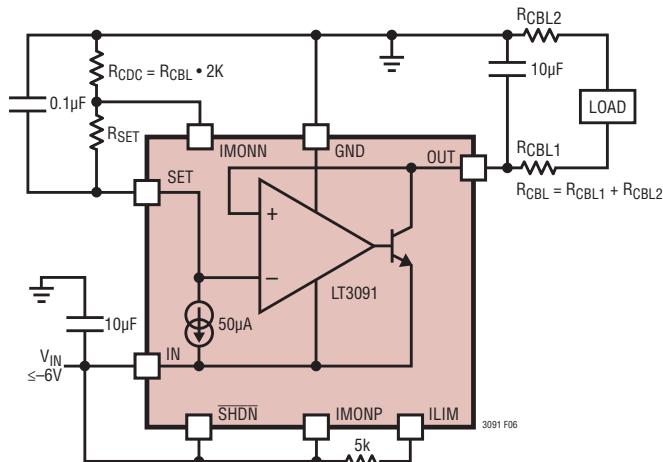


図6. 単純なケーブル電圧降下補償

正電流モニタ・アプリケーションの場合、図7に示すように、IMONPを抵抗を介してGNDに接続します。これによって、IMONPに(出力電流に比例して)正電圧が発生します。さらに、IMONNを、IMONPの最大動作電圧よりも2V以上高い電源に接続します。

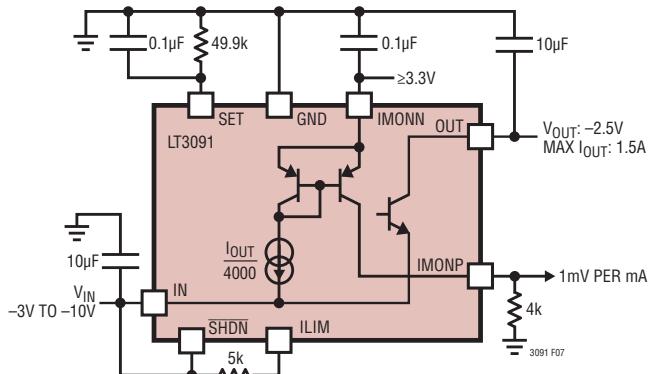


図7. 正出力電流モニタ

使用しない場合は、IMONNピンとIMONPピンをフロート状態のままに構いません。ただし、それによってデバイスの内部電流制限がわずかに(5%以内で)減少します。そのため、電流モニタ機能を使用しない場合、図1に示すように、IMONNをGNDに接続し、IMONPをINに接続することを推奨します。

LT3091の正電流または負電流モニタ回路は、短絡状態またはドロップアウト状態になった場合でも精度を維持します。

外部でプログラム可能な電流制限

ILIMピンは、内部でINよりも225mV高い電圧に安定化します。ILIMとINの間に抵抗を接続すると、ILIMピンから流れる電流が設定され、それによってLT3091の電流制限が設定されます。設定スケール係数は、 $20\text{k}\Omega \cdot \text{A}$ です。例えば、ILIMとINの間に40kの抵抗を接続すると、電流制限は500mAに設定されます。優れた精度を得るには、この抵抗をLT3091のINピンにケルビン接続します。

OUTとIN間の電圧差が7Vを超えた場合、LT3091のフォールドバック回路によって内部電流制限が減少します。そのため、内部電流制限が、外部で設定された電流制限レベルよりも優先されて、LT3091を安全動作領域(SOA)内に維持できます。「標準的性能特性」セクションの内部電流制限と入出力間電圧差のグラフを参照してください。

外部でプログラム可能な電流制限が不要な場合は、ILIMをINに接続できます。ただし、ILIMピンは、内部でINよりも225mV高い電圧に安定化されます。そのため、ILIMピンをINに短絡すると、このループが電流を制限し、LT3091の静止電流が約300µA増加します。そのため使用しない場合は、ILIMを5kの抵抗を介してINに接続することを推奨します。

負荷レギュレーション

LT3091は、出力電圧を検出するための別のケルビン接続を備えていません。そのため、正確なリモート負荷検出を提供することができません。レギュレータと負荷の間の接続抵抗は、負荷レギュレーションを制限します。データシートの負荷レギュレーションの仕様は、パッケージのOUTピンでケルビン検出された値を示しています。GND側のケルビン検出は、電圧設定抵抗の上部が負荷の正の側に戻る、真のケルビン接続です(図8を参照)。この図のように接続した場合、システムの負荷レギュレーションは、LT3091の負荷レギュレーションと、寄生配線抵抗に出力電流を掛けた値の和になります。そのため、レギュレータと負荷の間の負の接続をできるだけ短くし、幅の広い配線またはPC基板のトレースを使用することが重要になります。

アプリケーション情報

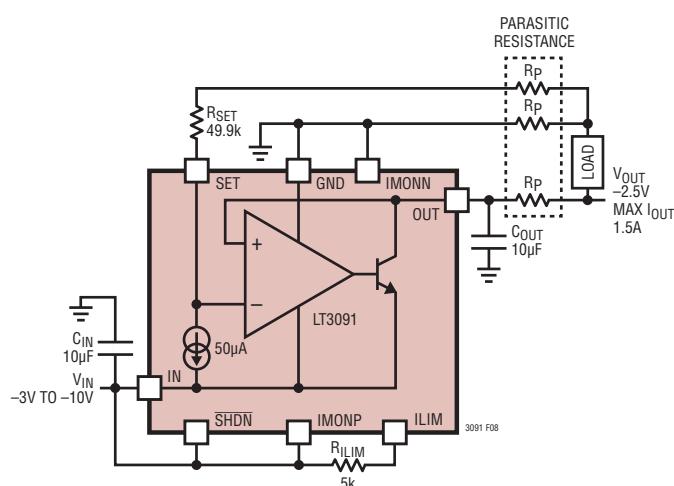


図8. 最高の負荷レギュレーションを得るための接続

3端子フロート・レギュレータ

LT3091のレール・トゥ・レール・エラーアンプを使用して、LDOを3端子フロート・レギュレータとして構成できます。適切な保護を行い、LT3091を任意の高電圧アプリケーションで使用できます。この構成を図9に示します。このモードでは、GNDピンの電流は負荷から供給されます。そのため、レギュレーションを維持するには、2mAの最小負荷電流が必要になります。正確なゼロ出力電圧動作が必要な場合、2mAの負荷電流を正電源に戻します。なお、3端子動作では、最小入力電圧は、デバイスのドロップアウト電圧になります。さらに、ILIMピンは、内部でINよりも225mV高い電圧に安定化されます。ILIMをINに短絡すると、サーボ・ループによって電流が制限されます。これによって、LT3091の静止電流が約300μA増加します。そのため使用しない場合は、ILIMを5kの抵抗を介してINに接続することを推奨します。

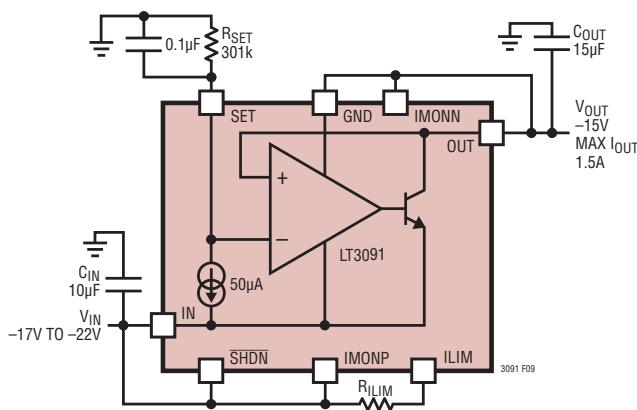


図9. 調整可能な3端子フロート・レギュレータ

フロート構成で、 V_{IN} のランプアップとランプダウンが遅いと（図10および11を参照）、SHDNを V_{IN} に接続して起動したときに、LT3091が発振する場合があることに注意することは、重要です。これは、SHDNコンパレータのオンしきい値とオフしきい値がLT3091のGNDピンを基準にしているために発生します。フロート構成では、LT3091のGNDピンがOUTピンに接続されるため、 V_{IN} がランプアップするに従ってOUTピンの電圧が緩やかに上昇し、SHDNコンパレータの基準点が変化します。このため、起動時に発振が発生します。この発振は、0.1μF以上および47μF以上のコンデンサを、SETピンとOUTピンにそれぞれ配置することで、最小化できます。それでも、下の図10と図11に示すように、この発振は完全にはなりません。 V_{IN} のランプアップとランプダウンが高速な場合、LT3091は発振しません。

ただし、SHDNピンを1.3V以上の正電源に接続した場合（図12参照）、起動時に発振は発生せず、10μFの最小出力コンデンサを使用できます。この場合でも、SETピンに何らかのコンデンサを接続することを推奨します。GNDピンをOUTピンに接続することに加えて（フロート構成の場合）、次のセクションで示すように、LT3091のGNDピンを正電圧に接続することもできます。

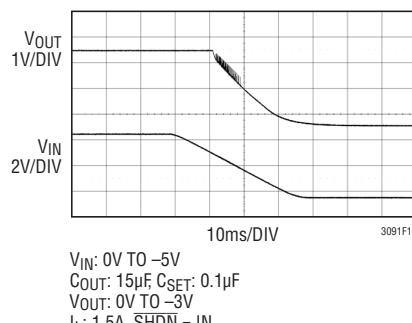


図10. フロート・モード：入力電源のランプアップ

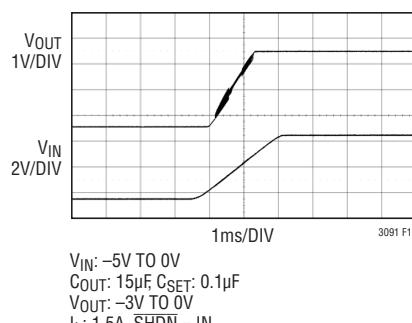
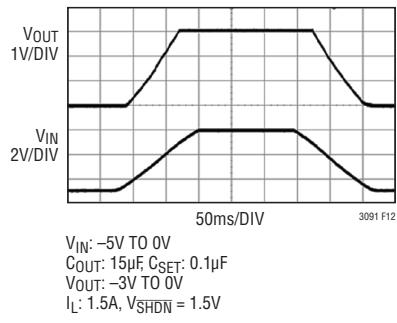


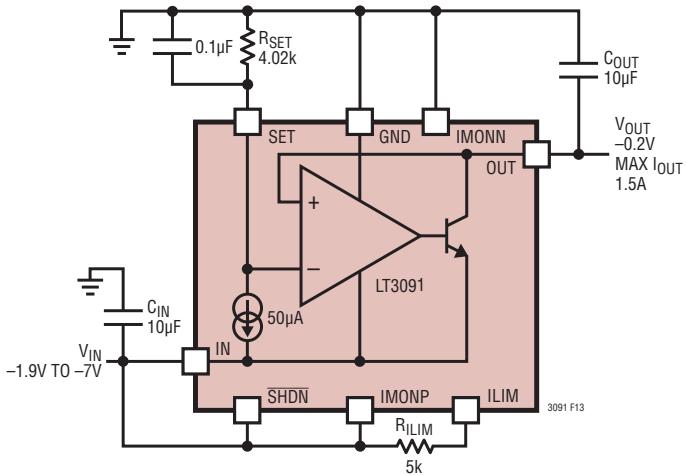
図11. フロート・モード：入力電源のランプダウン

アプリケーション情報



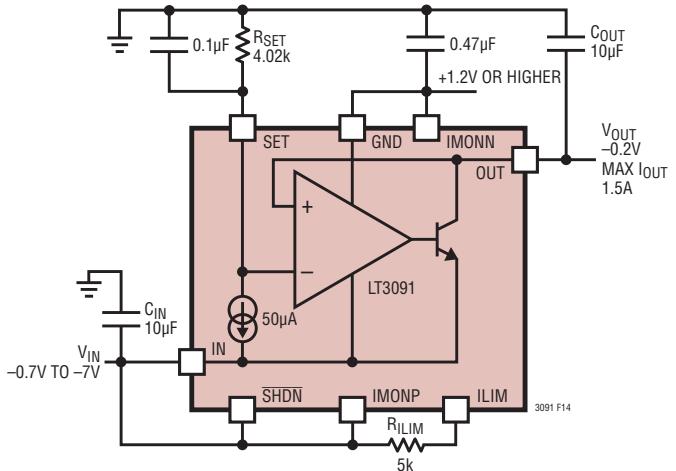
LT3091のGNDピンの多用途性

-1Vを下回るような非常に低い出力電圧を必要とするアプリケーションの場合、-1.9Vの最小入力電圧は、デバイスがレギュレーションを停止せずにVINがどこまで低下できるかを制限します。その結果、図13に示すように、最小VINの仕様によって、NPNパス・デバイスの実際のドロップアウト電圧ではなく、非常に高いドロップアウト電圧が設定されます。

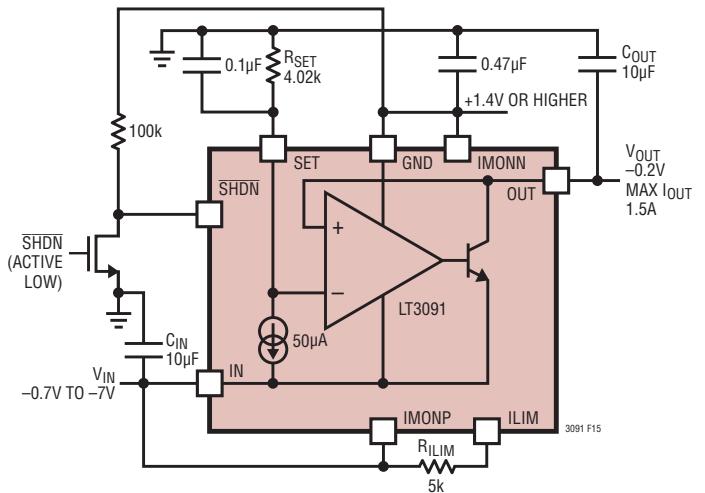


この問題は、LT3091のアーキテクチャと、GNDピンの接続方法の柔軟性によって解決できます。GNDピンをシステムのグランドに接続する必要はありません。しかし、GNDピンを正電圧に接続することができます。LT3091のGNDピンを、VINよりも1.9V以上高い正電圧に接続した場合、VINをLT3091の-1.9Vの最小入力電圧を下回る値に設定できます。LT3091

のINピンとGNDピンの間の電圧差が1.9Vである限り、最小動作電圧は満たされます。図14に示すように、パス・デバイスによってデバイスのドロップアウト電圧を設定すると、LT3091は、非常に低いドロップアウト電圧で動作できます。



なお、LT3091のSHDN機能が不要な場合は、SHDNピンをVINに接続します。ただし、デバイスをオン/オフする必要がある場合、SHDNのロジック信号は、LT3091のGNDピンを基準にする必要があります。これを実現する簡単な方法を、図15に示します。この場合、GNDピンを+1.4V以上にする必要があります。



アプリケーション情報

要約すると、LT3091のGNDピンは高い多用途性を備えており、アプリケーションの要件に応じて、次のように、異なる場所に接続できます。(a)出力電圧が-1.6Vを上回る低ドロップアウト動作の場合は、システムのGNDに接続できます。(b)出力電圧が非常に低い低ドロップアウト動作の場合は、正電圧に接続できます。(c)「3端子フロート・レギュレータ」のセクションで説明したように、同相電圧が非常に高いアプリケーションの場合は、GNDピンをOUTピンに接続できます。

直接並列接続

複数のLT3091を並列接続することによって、より大量の出力電流を供給できます。全てのSETピンを互いに接続し、全てのINピンを互いに接続します。少量のPCトレースを使用してOUTピンを互いに接続し(バラスト抵抗として使用)、各LT3091の電流を均一にします。表2に、PCトレースの抵抗をmΩ/インチ単位で示します。バラストのために必要な面積は、ごくわずかです。

表2. PC基板のトレース抵抗

重量(オンス)	10ミル幅*	20ミル幅*
1	54.3	27.1
2	27.1	13.6

*トレース抵抗は、mΩ/インチ単位で測定されます。

並列接続された各LT3091のわずか±2mVのワーストケースのオフセットによって、必要なバラスト抵抗の値は最小限に抑えられます。図16に、2つのLT3091で、それぞれ10mΩのPCBトレースのバラスト抵抗を使用して、最大負荷で80%を超える出力電流分担を実現する例を示します。10mΩの外付け抵抗(2つのデバイスを並列に接続した場合は5mΩ)によって、3Aの最大負荷では、出力レギュレーションが15mVだけ低下します。最小-1.5Vの出力電圧では、レギュレーション精度は1%だけ低下します。この追加された負荷レギュレーションの誤差を許容できない場合、「標準的応用例」セクションの回路に、出力電流モニタ機能またはマスター/スレーブ構成を使用したこの誤差の補正方法を詳しく示しています。

最後に、3つ以上のLT3091を並列に接続すれば、さらに大きい出力電流を得ることができることに注意してください。複数のLT3091を並列に接続する技法は、PCB上の熱を分散するのに役立ちます。入出力間電圧差が大きいアプリケーションの場合、入力直列抵抗またはLT3091と並列に接続された抵抗を使用すると、熱がさらに分散されます。

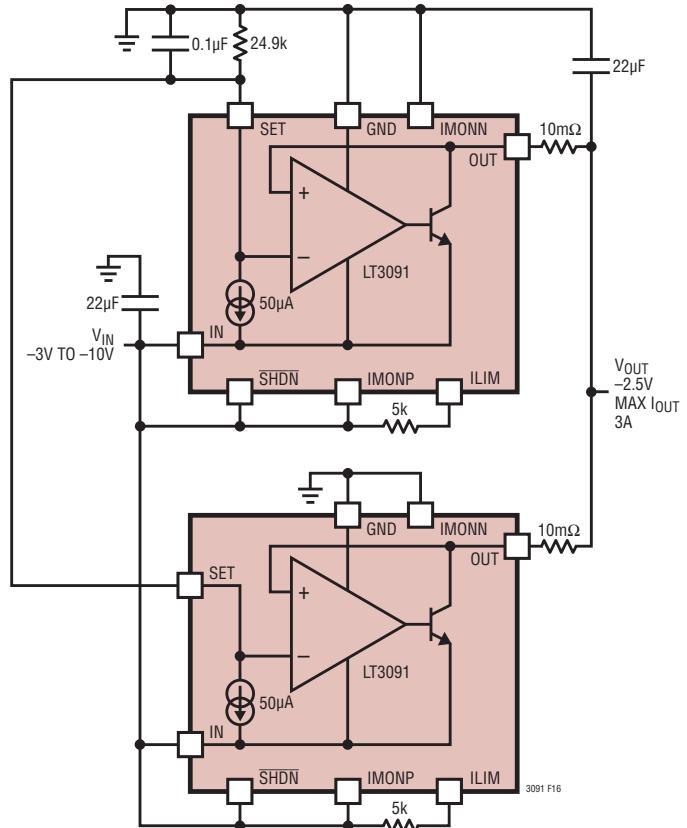


図16. 並列デバイス

熱に関する検討事項

LT3091は、過負荷状態で保護するために、電力および熱を制限する回路を内蔵しています。標準のサーマル・シャットダウン温度は165°Cで、約8°Cのヒステリシスを備えています。通常の負荷状態での連続動作では、最大接合部温度を超えないようにしてください。接合部から周囲までの全ての熱抵抗源について検討することが重要です。熱抵抗源には、アプリケーションで規定されている、接合部-ケース間、ケース-ヒートシンク・インターフェース間、ヒートシンク抵抗、回路基板-周囲雰囲気間などがあります。更に、LT3091のごく近くの熱源を全て検討します。

アプリケーション情報

DFNパッケージとTSSOPパッケージの下側には、露出した金属部分がリードフレームからダイ・アタッチにわたって存在します。これら2つのパッケージでは、ダイの接合部からPCBの金属部分に熱を直接伝達し、最大動作接合部温度を制限できます。デュアルインラインのピン配置により、PCBの上面(部品側)にあるパッケージの端を超えて金属部分を伸ばすことができます。この金属部分をPCB上でINに接続します。LT3091にINピンとOUTピンが複数あることが、さらに熱をPCBに拡散するのに役立ちます。

表面実装デバイスの場合、PCBとその銅配線の熱分散能力を利用して放熱を実現します。パワー・デバイスの発生する熱を拡散するのに、銅ボード硬化材とメッキ・スルーホールを使うこともできます。

表3. DFNパッケージで測定された熱抵抗

銅箔面積		基板面積	熱抵抗
上面*	底面		
2500mm ²	2500mm ²	2500mm ²	21°C/W
1000mm ²	2500mm ²	2500mm ²	24°C/W
225mm ²	2500mm ²	2500mm ²	28°C/W
100mm ²	2500mm ²	2500mm ²	32°C/W

* デバイスは上面に実装。

表4.TSSOPパッケージで測定された熱抵抗

銅箔面積		基板面積	熱抵抗
上面*	底面		
2500mm ²	2500mm ²	2500mm ²	20°C/W
1000mm ²	2500mm ²	2500mm ²	23°C/W
225mm ²	2500mm ²	2500mm ²	26°C/W
100mm ²	2500mm ²	2500mm ²	30°C/W

* デバイスは上面に実装。

表5.Rパッケージ、7ピンDD-PAKパッケージ

銅箔面積		基板面積	熱抵抗 (接合部-周囲間)
上面*	底面		
2500mm ²	2500mm ²	2500mm ²	13°C/W
1000mm ²	2500mm ²	2500mm ²	14°C/W
225mm ²	2500mm ²	2500mm ²	16°C/W

* デバイスは上面に実装。

T7パッケージ、7ピンTO-220の熱抵抗(接合部-ケース間)=3°C/W

一定の基板寸法の銅箔面積に対する熱抵抗を表3~5に示します。全ての測定は、静止空気中で、1オンスの切れ目のない内部プレーンと2オンスの上下面外部トレイス・プレーンを有し、合計基板厚が1.6mmの4層FR-4ボードで行いました。4つの層にはサーマル・ビアが存在せず、電気的に絶縁されていました。PCBの層数、銅箔の重量、基板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。熱抵抗と高熱伝導性テスト・ボードの詳細については、JEDEC規格JESD51、特にJESD51-7およびJESD51-12を参照してください。低い熱抵抗を実現するには、細部にわたる注意と慎重なPCBレイアウトが必要です。

接合部温度の計算

例: 出力電圧が-2.5V、入力電圧が-3.3V±5%、出力電流範囲が1mA~1A、最大周囲温度が85°Cであるとすると、最大接合部温度は何度でしょうか。

LT3091の電力損失は、次式で求められます。

$$I_{OUT(MAX)} \cdot (V_{IN(MAX)} - V_{OUT}) + I_{GND} \cdot V_{IN(MAX)}$$

ここで、

$$I_{OUT(MAX)} = -1A$$

$$V_{IN(MAX)} = -3.465V$$

$$(I_{OUT} = -1A, V_{IN} = -3.465V) \text{ での } I_{GND} = -15mA$$

したがって、

$$\begin{aligned} P &= (-1A) \cdot (-3.465V + 2.5V) + (-15mA) \cdot (-3.465V) \\ &= 1.02W \end{aligned}$$

DFNパッケージを使う場合、熱抵抗は銅の面積に応じて21°C/W~32°C/Wの範囲になります。したがって、周囲温度を超える接合部温度の上昇分はおよそ次のようになります。

$$1.02W \cdot 27°C/W = 27.5°C$$

最大接合部温度は、最大周囲温度と、周囲温度を超える最大接合部温度上昇分との和になります。これは次のとおりです。

$$T_{JMAX} = 85°C + 27.5°C = 112.5°C$$

アプリケーション情報

過負荷状態からの回復

多くのモノリシック電力レギュレータと同様に、LT3091には安全動作領域(SOA)保護回路が搭載されています。SOA保護回路は、入出力間電圧差が7Vを超えると作動します。SOA保護機能により、入出力間電圧差が増加するにつれて電流制限値が減少し、パワー・トランジスタは、入出力間電圧の全ての値についてLT3091の絶対最大定格まで安全動作領域内に保たれます。LT3091は、入出力間電圧差の全ての値について、出力電流レベルを提供します。「標準的性能特性」セクションの電流制限の曲線を参照してください。電源が初めて投入されて入力電圧が上昇すると、出力は入力に追従して入出力間電圧差は小さい値に保たれるため、レギュレータは大量の出力電流を供給し、大電流負荷に対して起動できます。

ただし、電流制限のフォールドバックにより、出力電圧が低く、負荷電流が大きい場合、高い入力電圧で問題が発生することがあります。このような状況が発生するのは、短絡状態が解消した後か、入力電圧が既に投入された状態の後にシャットダウン・ピンが“H”に引き上げられた場合です。このような負荷の負荷曲線は出力電流曲線と2点で交わります。この状況になった場合、レギュレータには2つの安定した出力動作点があります。このように2つの交点があるので、出力を回復するには、入力電源を一旦0Vにしてから再度立ち上げることが必要な場合があります。LT3015、LT1964、LT1175など他のLTC負電圧リニア・レギュレータもこの現象を示すので、これはLT3091に固有の現象ではありません。

保護機能

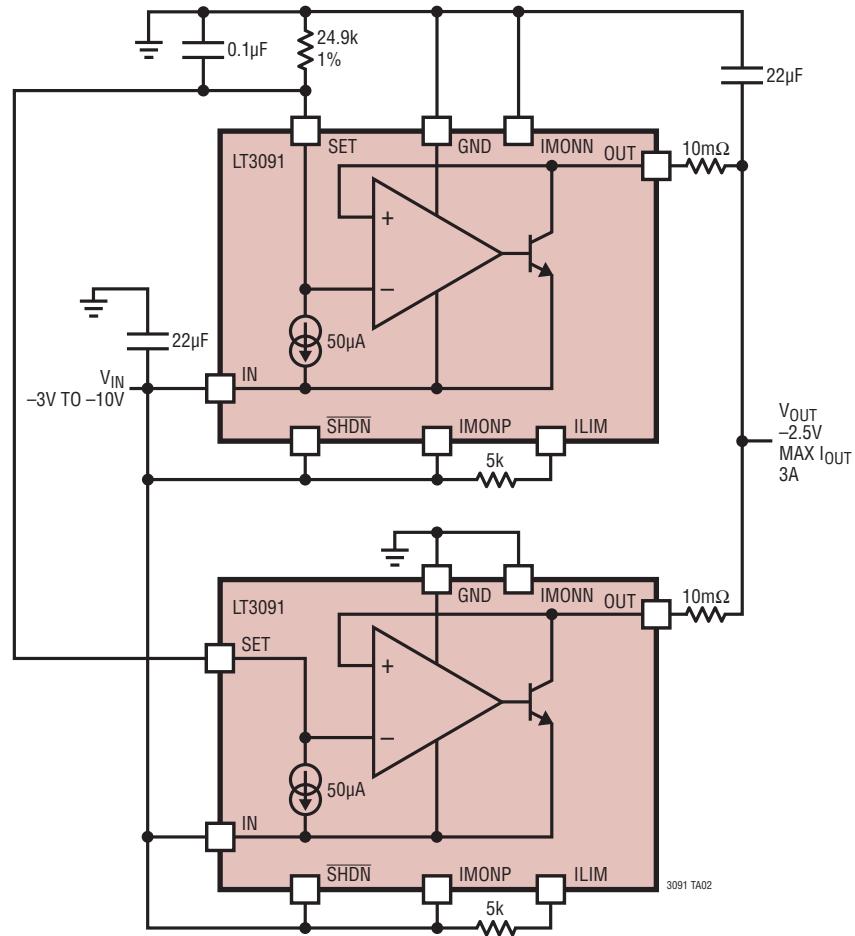
LT3091はいくつかの保護機能を内蔵しているので、バッテリ駆動アプリケーションで使用するのに最適です。電流制限や熱制限など、モノリシック・レギュレータに関連した通常の保護機能を備えているほか、このデバイスは逆出力電圧に対しても保護されています。

高精度の電流制限および熱過負荷保護機能によって、LT3091は、デバイスの出力での過負荷状態およびフォルト状態に対して保護されます。通常動作では、接合部温度が、EグレードとIグレードの場合は125°C、HグレードとMPグレードの場合は150°Cを超えることはできません。

LT3091の出力をグランド電位より高くしても、デバイスに損傷を与えることはありません。INがオープン状態のままか、または接地されていると、OUTをGNDよりも36V高く引き上げることができます。この状態で、7mAの最大電流がOUTピンに流入し、GNDピンから流出します。電圧源からINに電力が供給されると、OUTはLT3091の(フォールドバック)短絡電流をシンクし、熱制限によってデバイスを保護します。ただし、この場合、SHDNピンをグランドに接続するとデバイスはオフし、OUTは短絡電流のシンクを停止します。

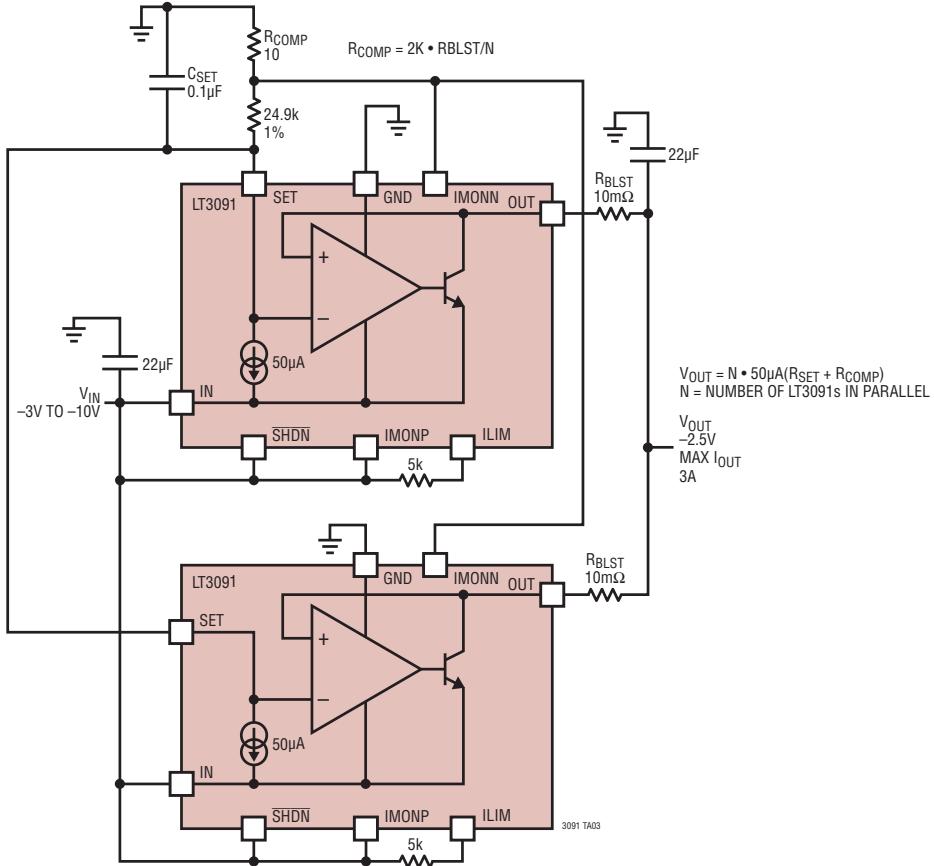
標準的応用例

並列デバイス

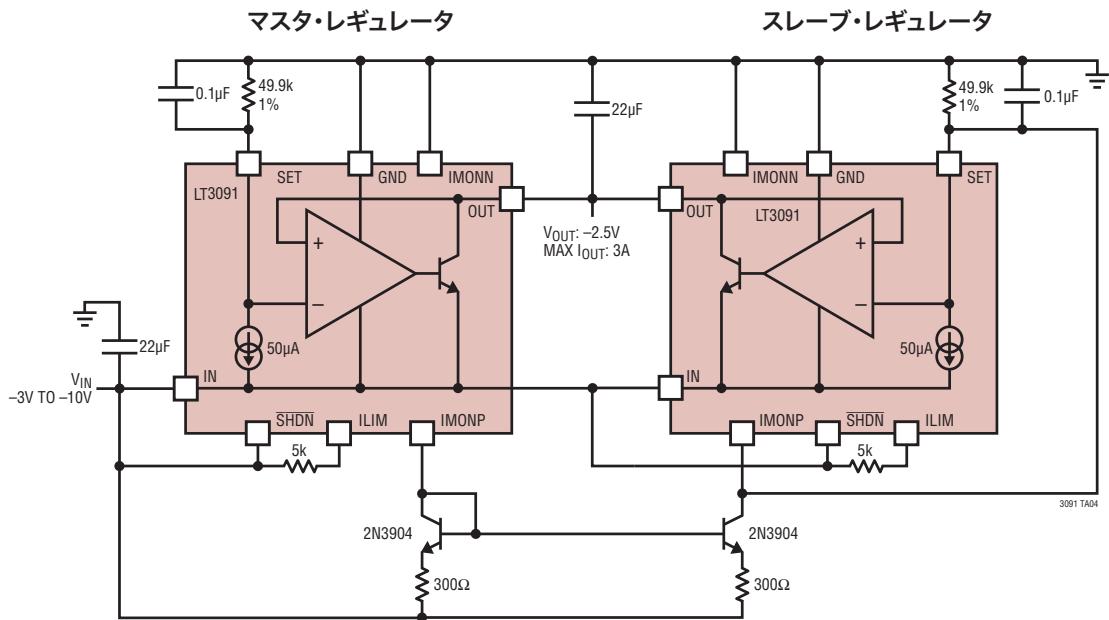


標準的応用例

IMONNを使用してバラスト抵抗の電圧降下をキャンセルする並列デバイス



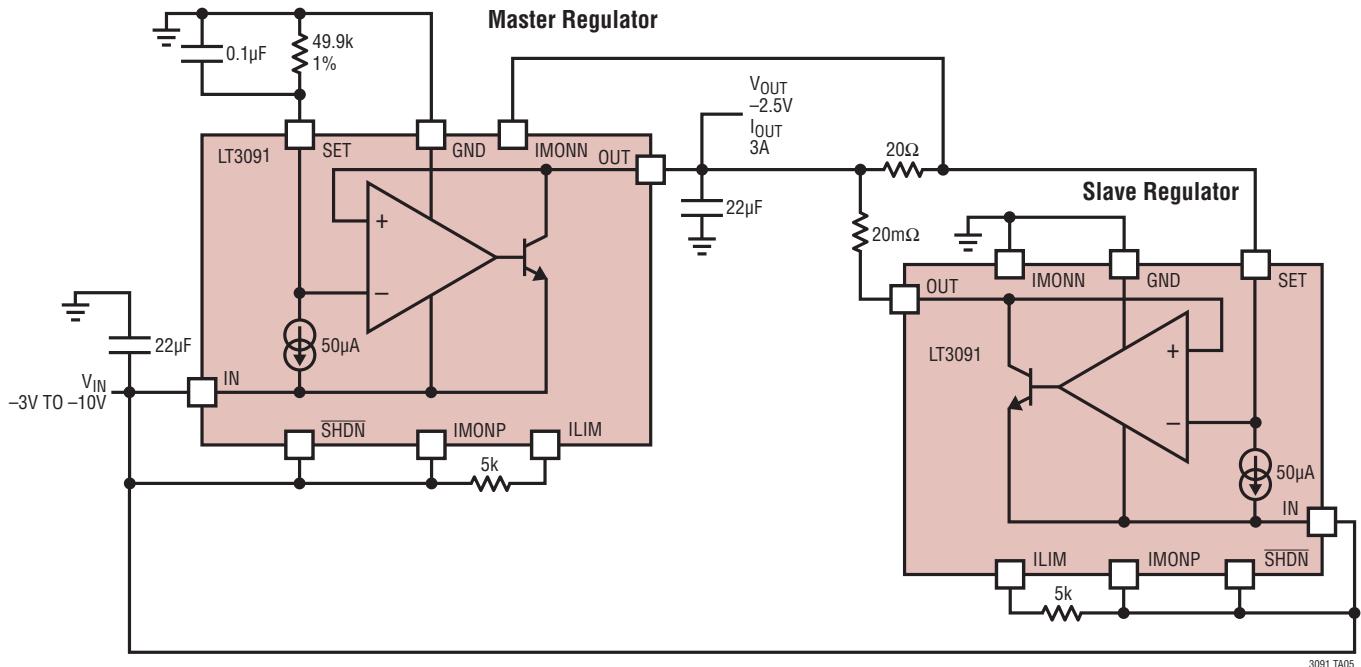
バラストを使用しない(IMONPを使用する)負荷分担



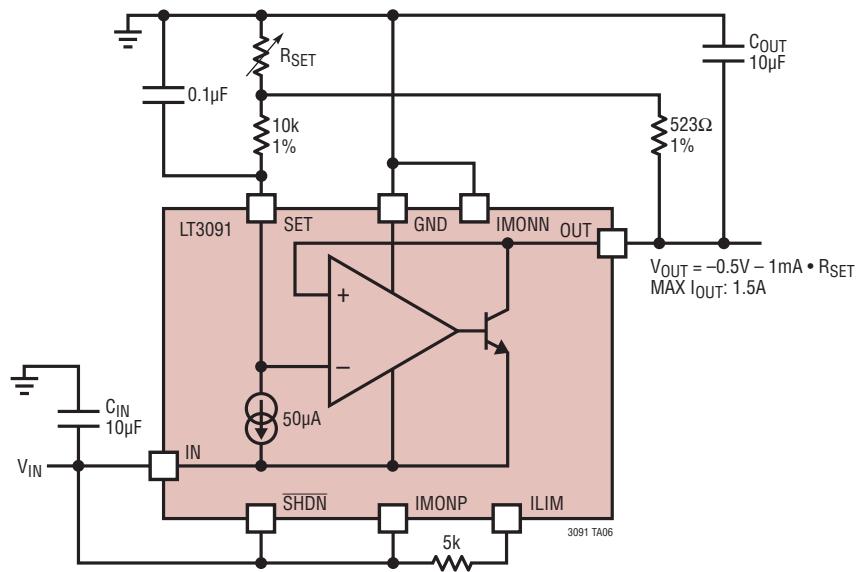
3091fa

標準的応用例

バラストを使用しない並列デバイス(50mAの最小負荷)

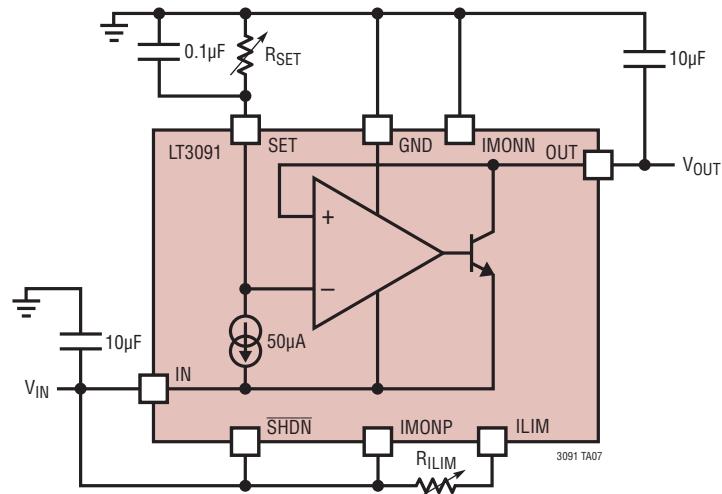


出力電圧が高い場合の低いRSET値の使用

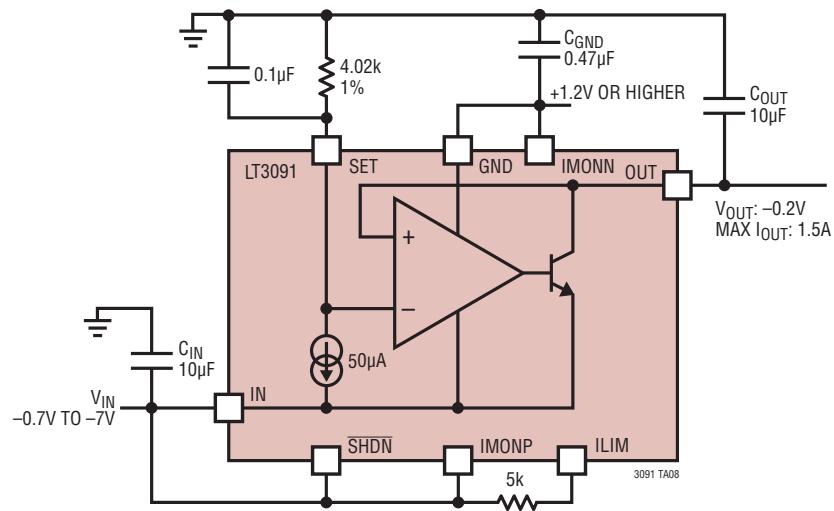


標準的応用例

定電流定電圧の実験用電源

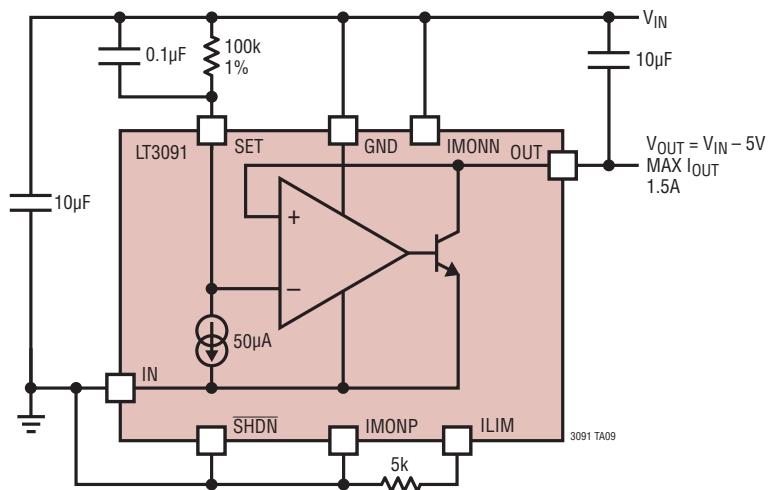


出力電圧が非常に低い場合の低ドロップアウト動作

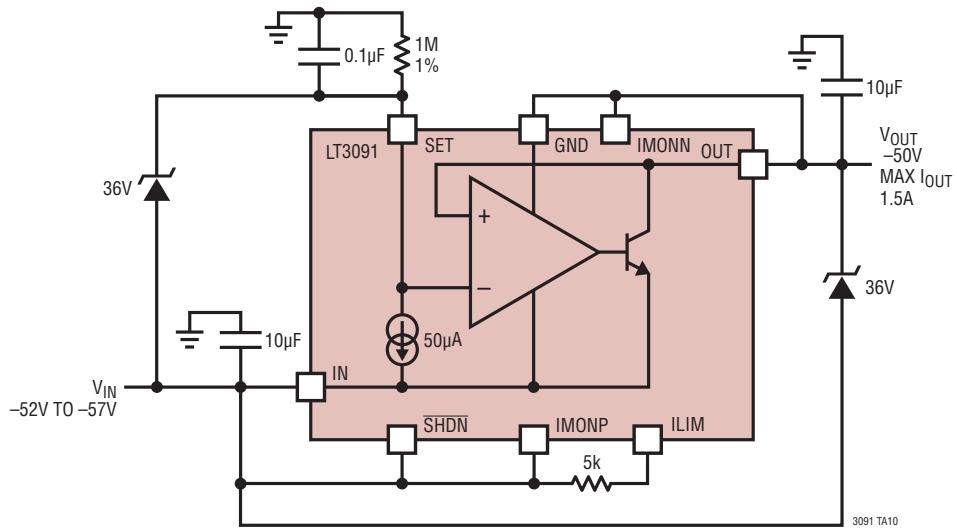


標準的応用例

入力電源のトラッキング

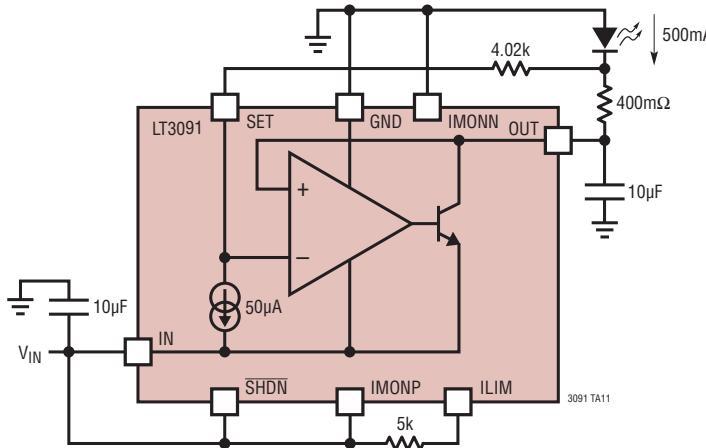


3端子フロート・レギュレータ(任意の高電圧アプリケーション用)

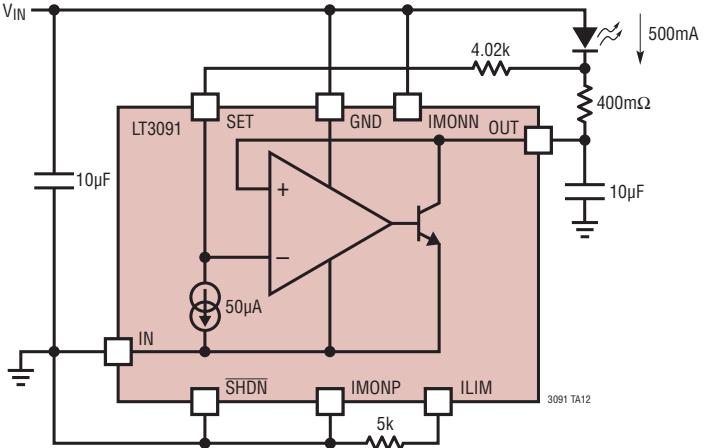


標準的応用例

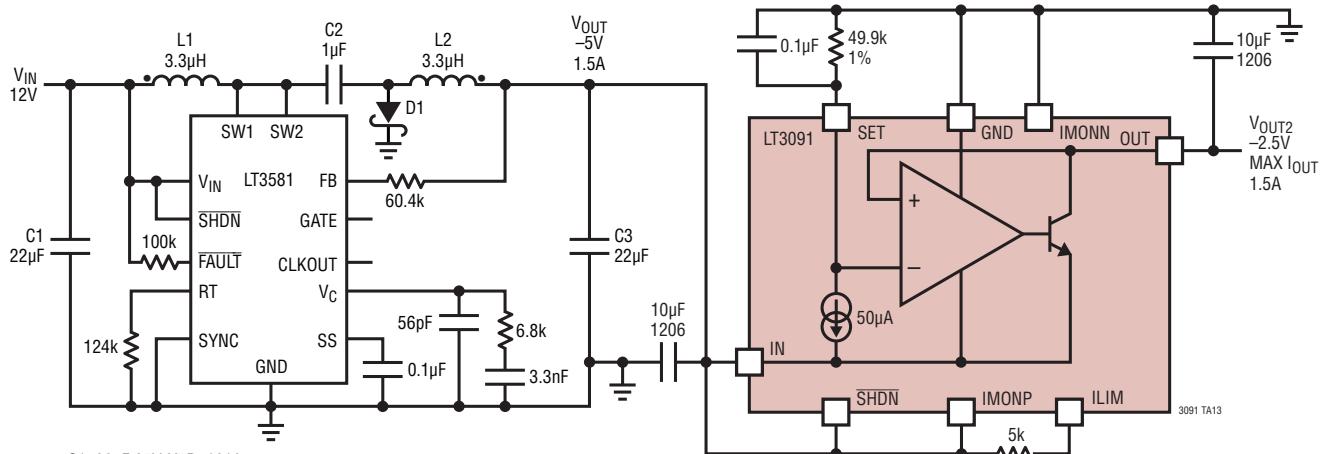
接地されたLEDタブ(ヒートシンク)付き500mA LEDドライバ



正電源付き500mA LEDドライバ



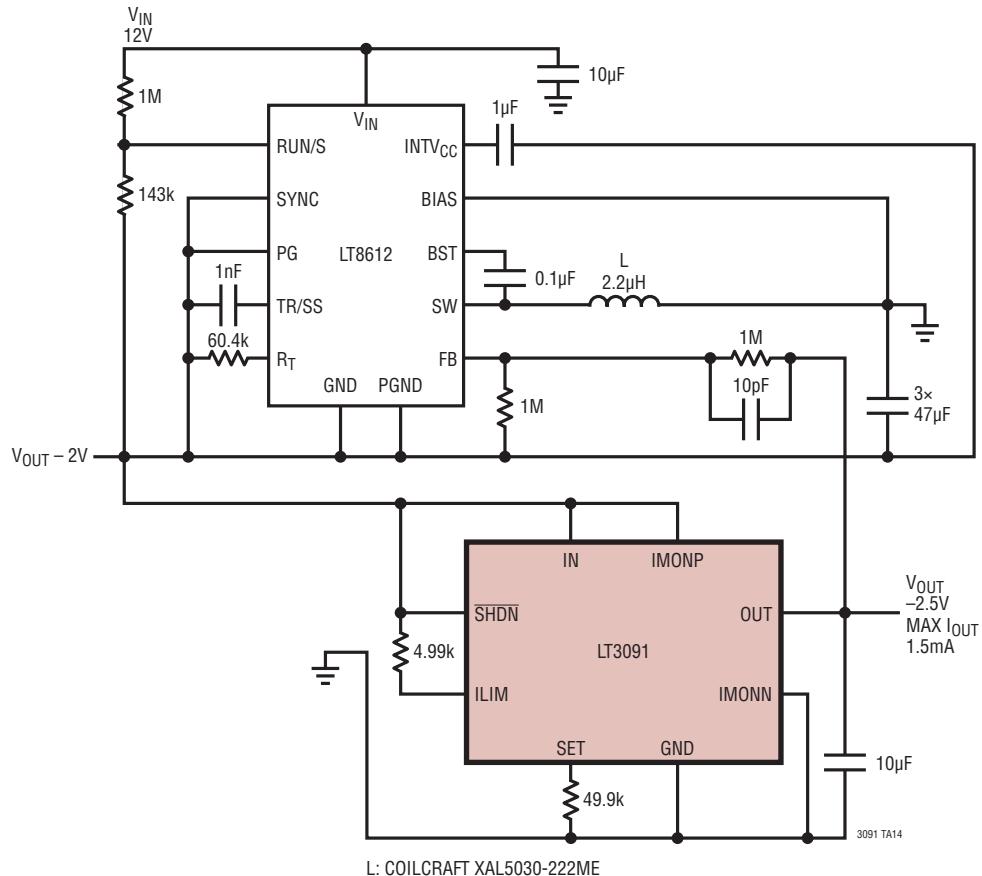
単一インダクタ構成の低ノイズ正-負コンバータ



C1: 22µF, 25V, X7R, 1210
 C2: 1µF, 50V, X7R, 1206
 C3: 22µF, 16V, X7R, 1210
 D1: CENTRAL CMSP3-40FL
 L1, L2: COILCRAFT MSD7342-332MLB

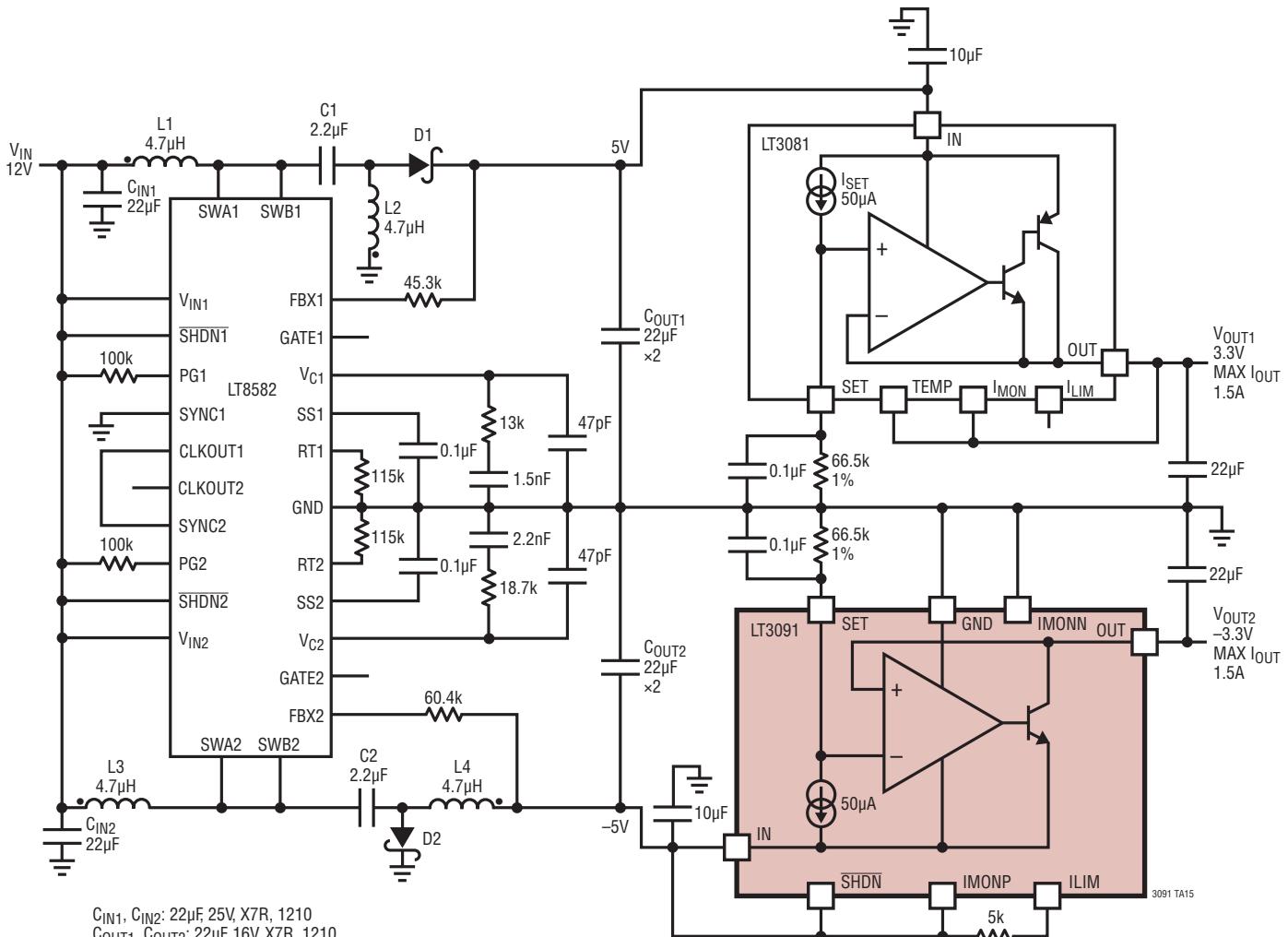
標準的応用例

単一インダクタ構成の高効率低ノイズ正・負コンバータ、LDO入出力制御付き



標準的応用例

12V～±3.3Vの低ノイズ電源

C_{IN1}, C_{IN2}: 22μF, 25V, X7R, 1210C_{OUT1}, C_{OUT2}: 22μF, 16V, X7R, 1210C₁, C₂: 2.2μF, 50V, X7R, 1206

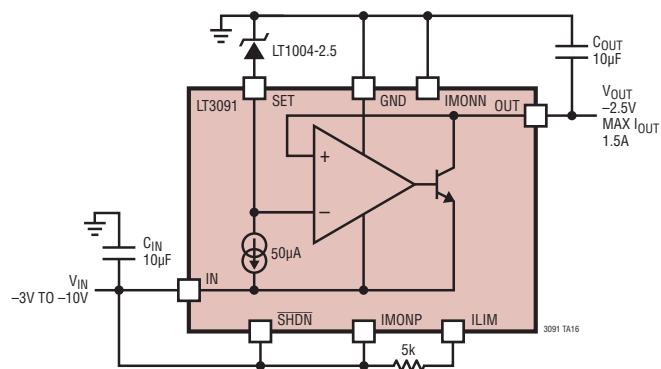
D1, D2: CENTRAL CMSH3-40FL

L1, L2: WÜRTH WE TDC 74489440047

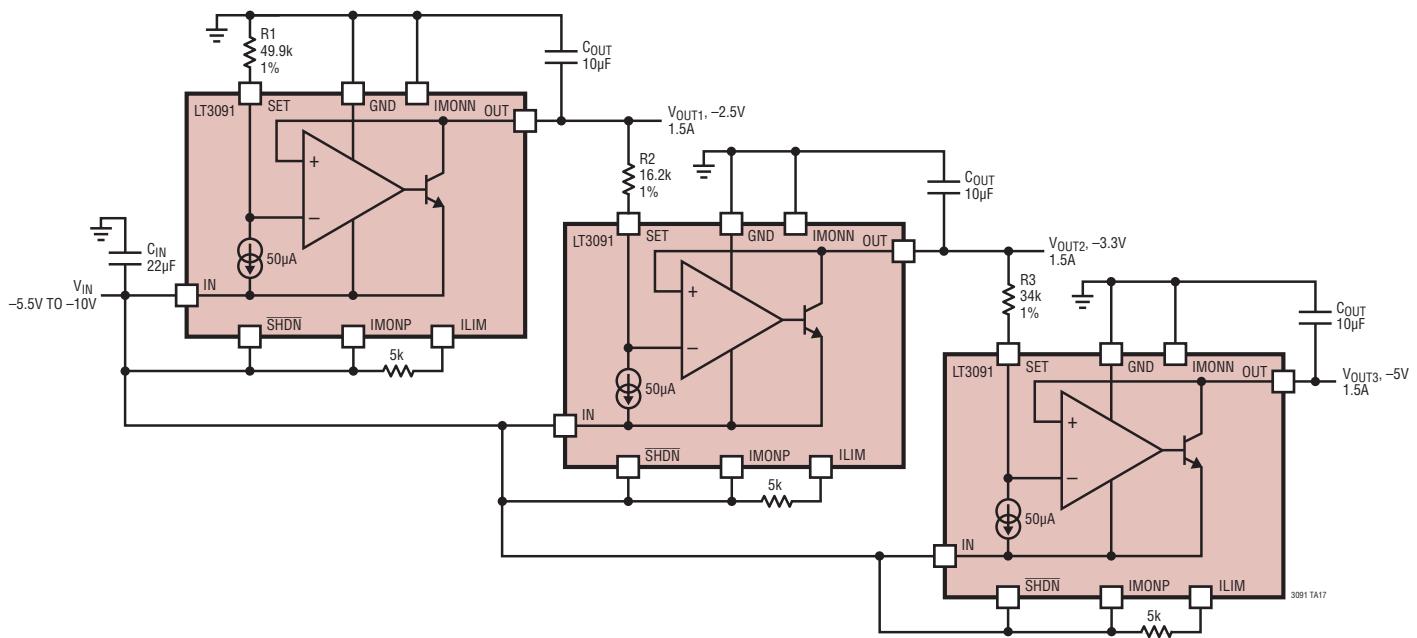
L3, L4: WURTH WE TDC 74489440047

標準的応用例

リファレンス・バッファ

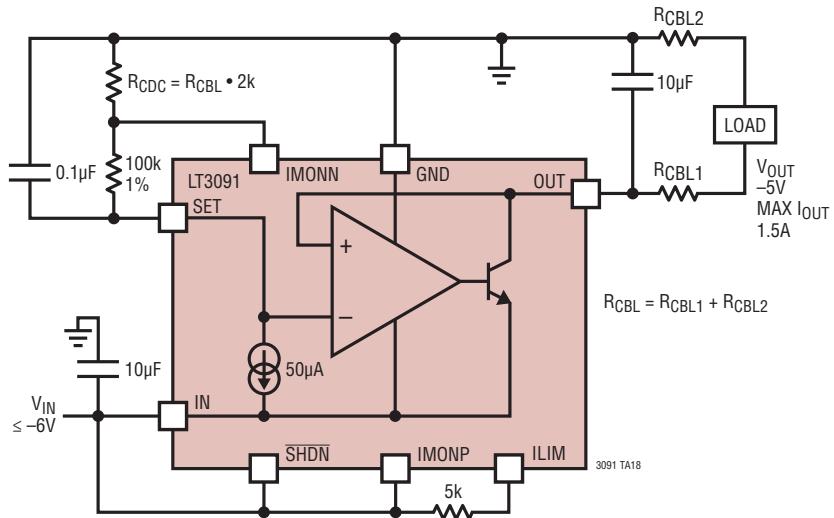


同時トラッキング電源

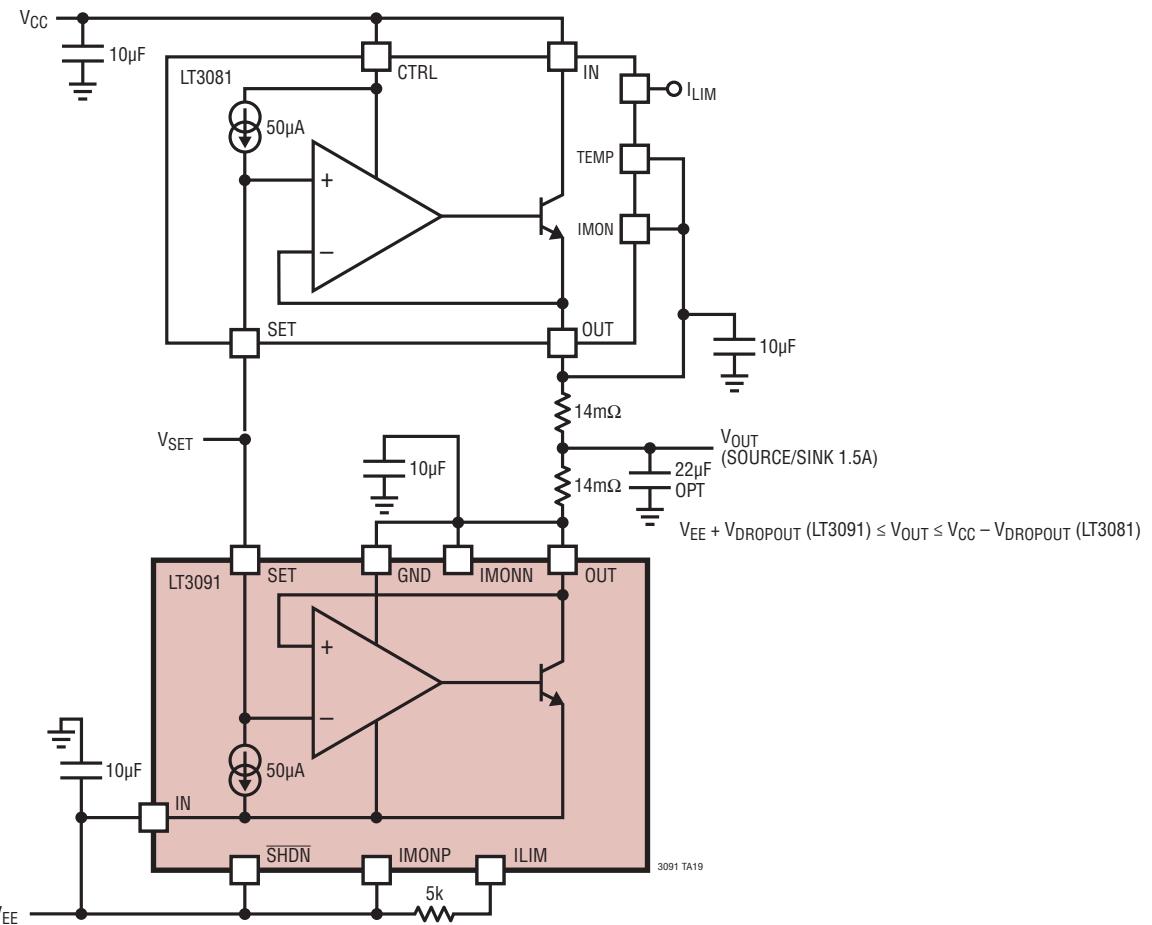


標準的応用例

単純なケーブル電圧降下補償

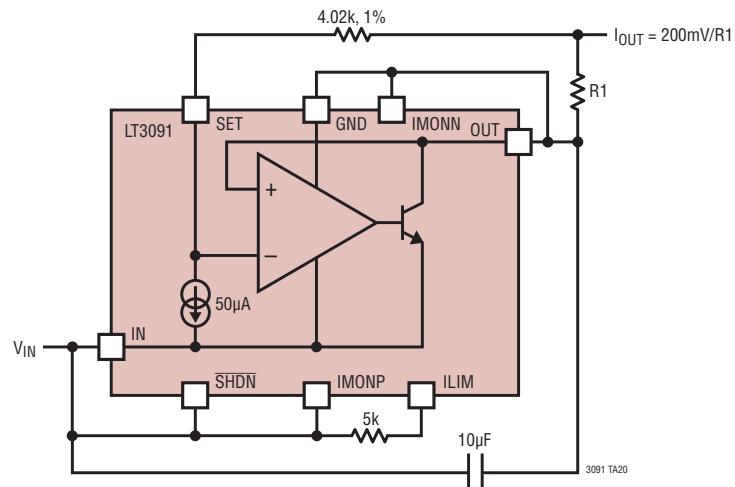


低ノイズ4象限電源

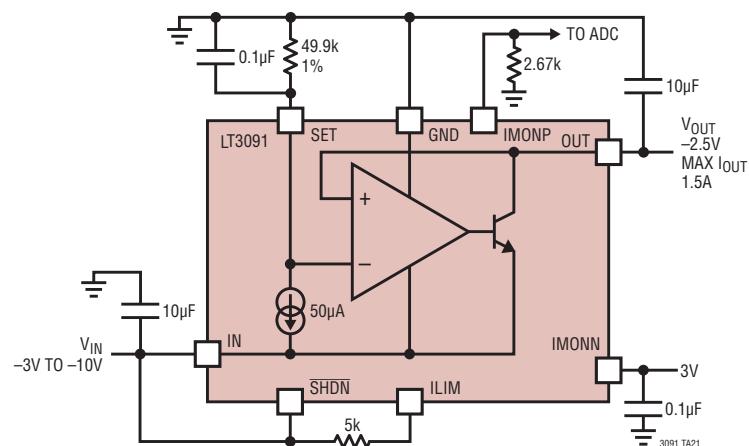


標準的応用例

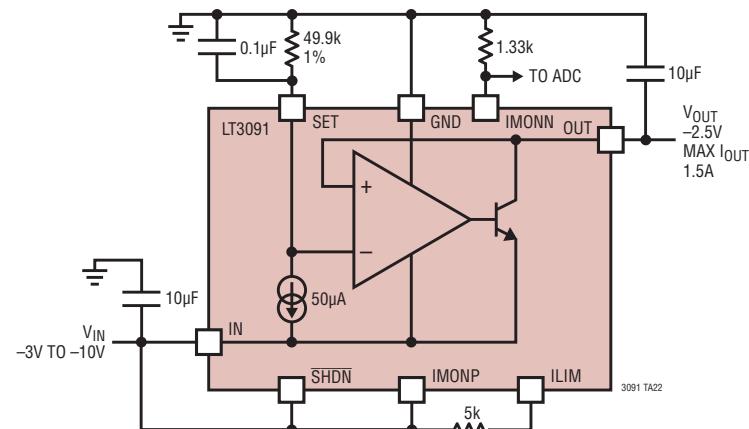
2端子電流源



正出力電流モニタ



負出力電流モニタ

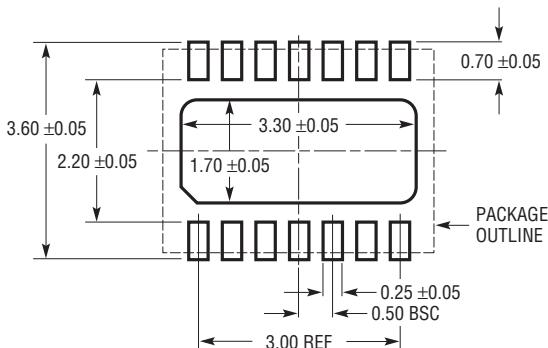


3091fa

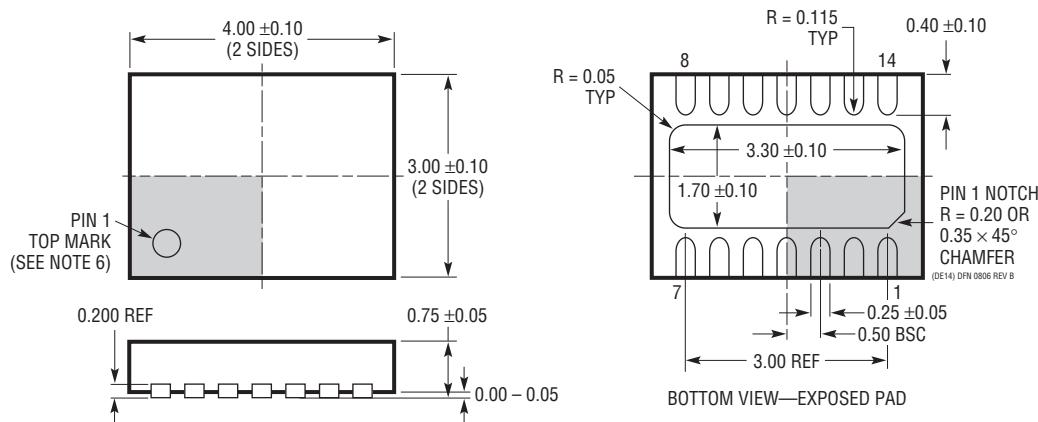
パッケージ寸法

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LT3091#packaging> を参照してください。

**DE Package
14-Lead Plastic DFN (4mm × 3mm)
(Reference LTC DWG # 05-08-1708 Rev B)**



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS
APPLY SOLDER MASK TO AREAS THAT ARE NOT SOLDERED



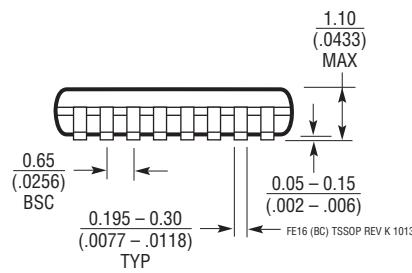
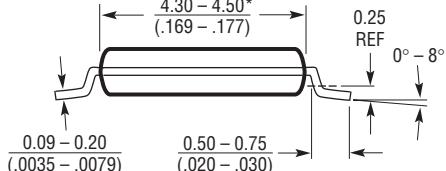
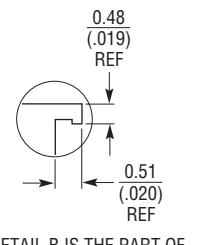
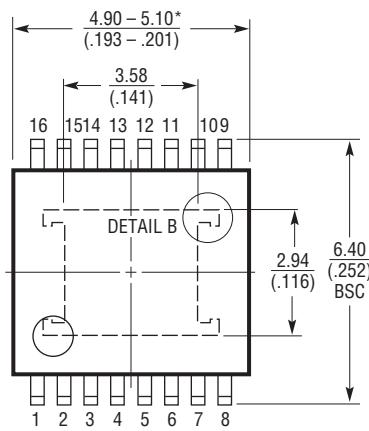
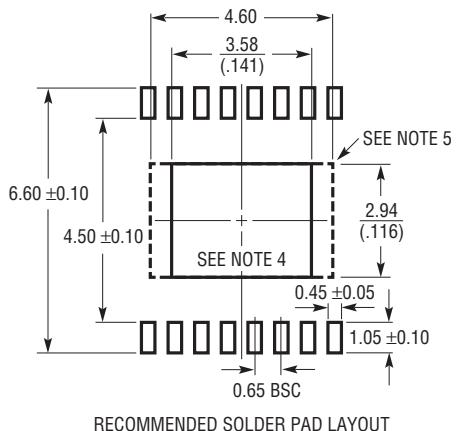
注記:

1. 図はJEDECパッケージ・アウトラインMO-229のバージョンのバリエーション(WGED-3)として提案
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. 灰色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

パッケージの寸法

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LT3091#packaging> を参照してください。

**FE Package
16-Lead Plastic TSSOP (4.4mm)
(Reference LTC DWG # 05-08-1663 Rev K)
Exposed Pad Variation BC**



注記：

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. 露出パッド接着のための
推奨最小PCBメタルサイズ

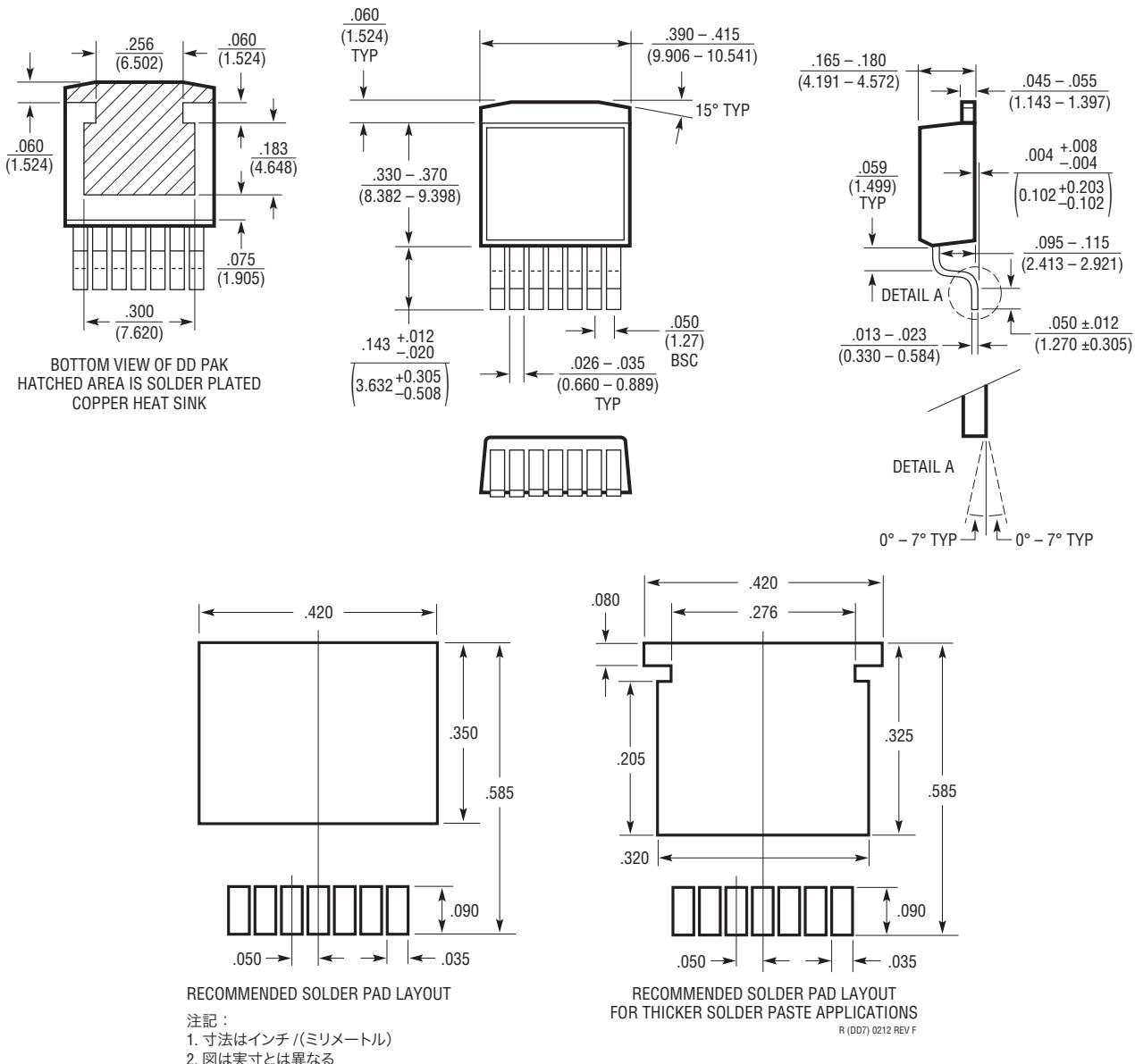
5. 露出パッド底面のこの部分には金属の突出部があってもよい。
PCB レイアウト上この部分には配線やビアを配置しないこと

* 寸法にはモールドのバリを含まない。
モールドのバリは各サイドで 0.150mm (0.006") を超えないこと

パッケージの寸法

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LT3091#packaging> を参照してください。

**R Package
7-Lead Plastic DD Pak**
(Reference LTC DWG # 05-08-1462 Rev F)



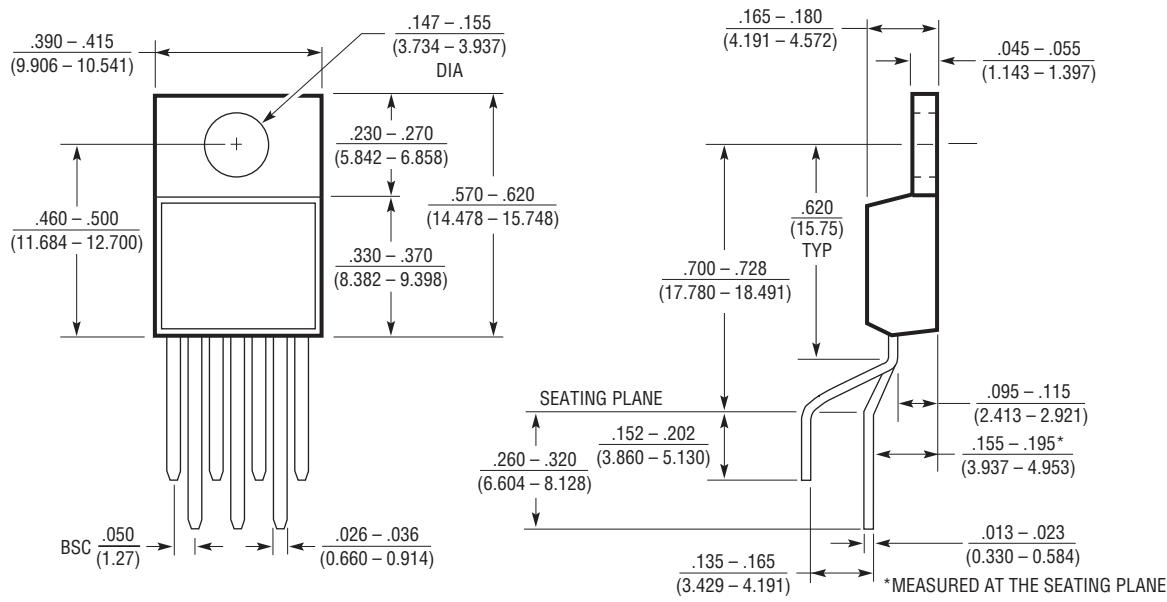
注記：

1. 寸法はインチ/(ミリメートル)
2. 図は実寸とは異なる

パッケージの寸法

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LT3091#packaging> を参照してください。

**T7 Package
7-Lead Plastic TO-220 (Standard)**
(Reference LTC DWG # 05-08-1422)

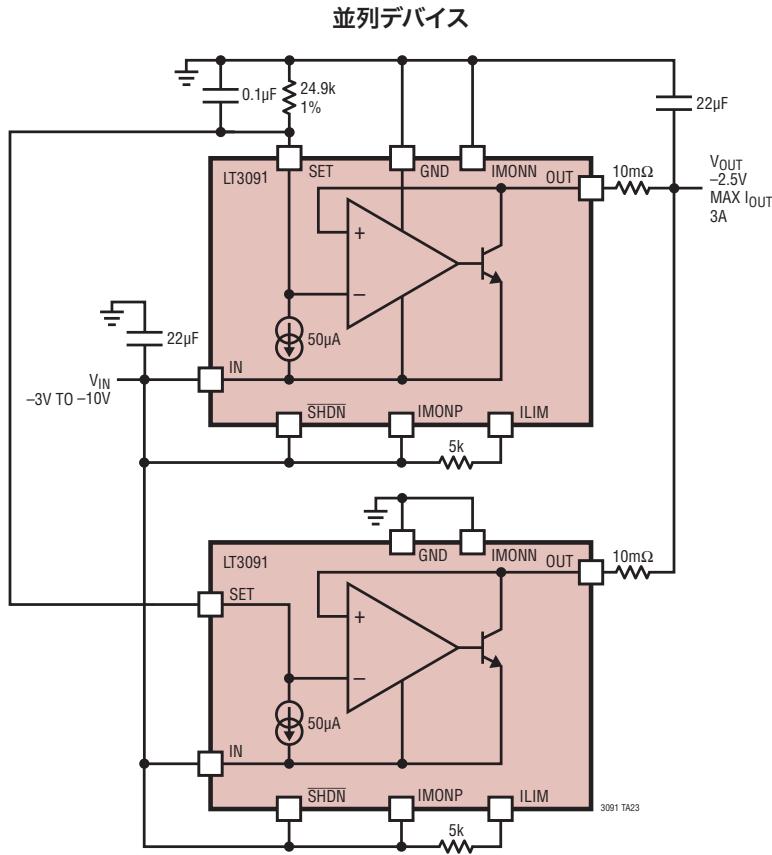


T7 (TO-220) 0801

改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	3/16	出力オフセット電圧V _{O8} の条件および規格値を改訂	3

標準的応用例



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1185	3A、負電圧リニア・レギュレータ	ドロップアウト電圧:750mV、VIN = -4.3V ~ -35V、パッケージ:DD-PAK および TO-220
LT1175	500mA、負電圧、低ドロップアウト・マイクロパワー・レギュレータ	ドロップアウト電圧:500mV、VIN = -4.5V ~ -20V、パッケージ:N8、S8、DD-PAK、TO-220、および SOT-223
LT1964	200mA、負電圧、低ノイズ、低ドロップアウト・レギュレータ	ドロップアウト電圧:340mV、低ノイズ:30μVRMS、VIN = -1.9V ~ -20V、DFN および SOT-23 パッケージ
LT3015	1.5A、高速トランジエント応答、負のLDO レギュレータ	ドロップアウト電圧:310mV、低ノイズ:60μVRMS、VIN = -2.3V ~ -30V、DFN、MSOP、TO-220、および DD-PAK パッケージ
LT3080	並列接続可能な1.1A、低ノイズ、低ドロップアウト・リニア・レギュレータ	ドロップアウト電圧(2電源動作):350mV、低ノイズ:40μVRMS、VIN:1.2V ~ 36V、单一抵抗出力、DFN、MSOP、TO-220、DD、および SOT-223 パッケージ
LT3085	並列接続可能、低ノイズの500mA 低ドロップアウト・リニア・レギュレータ	ドロップアウト電圧(2電源動作):275mV、低ノイズ:40μVRMS、VIN:1.2V ~ 36V、单一抵抗出力、DFN、MSOP
LT3082	並列接続可能、低ノイズの200mA 低ドロップアウト・リニア・レギュレータ	低ノイズ:33μVRMS、VIN:1.2V ~ 40V、单一抵抗出力、DFN、SOT-223、および SOT-23 パッケージ
LT3081	並列接続可能、低ノイズの1.5A 低ドロップアウト・リニア・レギュレータ	低ノイズ:27μVRMS、VIN:1.2V ~ 36V、单一抵抗出力、DFN、FE、DD-PAK、および TO-220 パッケージ
LT3083	並列接続可能、低ノイズの3A 低ドロップアウト・リニア・レギュレータ	ドロップアウト電圧(2電源動作):310mV、低ノイズ:40μVRMS、VIN:1.2V ~ 23V、单一抵抗出力、DFN、TSSOP、TO-220、および DD パッケージ
LT3090	電流制限をプログラム可能な-36V、600mA 負電圧リニア・レギュレータ	ドロップアウト電圧:300mV、低ノイズ:18μVRMS、VIN:-1.5V ~ -36V、单一抵抗出力、DFN および MSOP パッケージ

3091fa