

### 特長

#### 超低静止電流

$I_Q = 0 \mu\text{A}$  負荷で 560 nA

$I_Q = 1 \mu\text{A}$  負荷で 860 nA

1  $\mu\text{F}$  のセラミック入力および出力コンデンサで安定動作

最大出力電流: 150 mA

入力電圧範囲: 2.2 V~5.5 V

低シャットダウン電流: 50 nA (typ)以下

低ドロップアウト電圧: 150 mA 負荷で 195 mV

初期精度 $\pm 1\%$

ライン、負荷、温度に対する精度:  $\pm 3.5\%$

15 種類の固定出力電圧オプション: 1.2 V~4.2 V

出力が調整可能 (ADP161)

PSRR 性能: 100 Hz で 72 dB

電流制限機能と熱過負荷保護機能

ロジック制御によるイネーブル

出力放電抵抗を内蔵

5 ピン TSOT パッケージを採用

4 ボール、0.5 mm ピッチの WLCSP を採用

### アプリケーション

携帯電話

デジタル・カメラおよびオーディオ機器

ポータブル型およびバッテリー駆動の装置

ポスト DC/DC レギュレーション

ポータブル医用機器

### 概要

ADP160/ADP161 は、超低静止電流、ロー・ドロップアウトのリニア・レギュレータであり、2.2 V~5.5 V で動作し、最大 150 mA の出力電流を提供します。150 mA 負荷で 195 mV の低いドロップアウト電圧を持つため、高い効率と広い入力電圧範囲での動作が可能です。

ADP160/ADP161 は、1  $\mu\text{F} \pm 30\%$  の小型セラミック入力および出力コンデンサで安定に動作するように特別にデザインされているため、高性能な省スペース・アプリケーションの要求を満たします。

### 代表的なアプリケーション回路

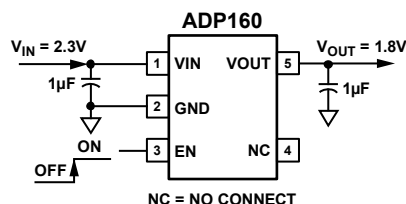


図 1.5 ピン TSOT の ADP160、固定出力電圧 1.8 V

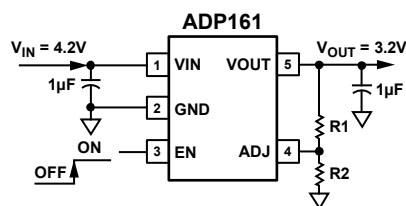


図 2.5 ピン TSOT の ADP161、調整可能な出力電圧 3.2 V

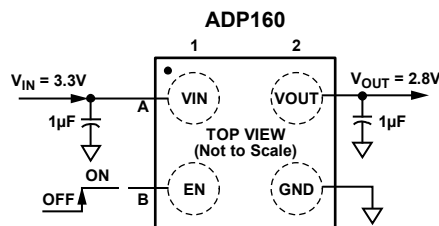


図 3.4 ボール WLCSP の ADP160、固定出力電圧 2.8 V

ADP160 では、1.2 V~4.2 V の 15 種類の固定出力電圧オプションを提供しています。また、ADP160/ADP161 は、LDO をディスプレイに出力を自動的に放電させるための回路を内蔵しています。

ADP161 は、出力調整可能な電圧レギュレータとして、5 ピンの TSOT パッケージでのみ提供しています。

短絡および熱の過負荷保護回路により、不測の条件下での損傷を防止します。ADP160 は小型の 5 ピン TSOT パッケージ、または 4 ボールの 0.5 mm ピッチ WLCSP パッケージを採用し、様々なポータブル電源アプリケーションの要求を満たす最小フットプリントのソリューションを提供します。

## 目次

特長.....	1	代表的な性能特性.....	8
アプリケーション.....	1	動作原理.....	12
代表的なアプリケーション回路.....	1	アプリケーション情報.....	13
概要.....	1	コンデンサの選択.....	13
改訂履歴.....	2	イネーブル機能.....	14
仕様.....	3	電流制限および熱過負荷保護.....	14
入力コンデンサと出力コンデンサの推奨仕様.....	4	熱に対する考慮事項.....	15
絶対最大定格.....	5	プリント基板レイアウト時の考慮事項.....	17
熱データ.....	5	外形寸法.....	19
熱抵抗.....	5	オーダー・ガイド.....	20
ESDの注意.....	5		
ピン配置およびピン機能説明.....	6		

## 改訂履歴

6/10—Revision 0: Initial Version

## 仕様

特に指定がない限り、 $V_{IN} = (V_{OUT} + 0.5 \text{ V})$  または  $2.2 \text{ V}$  (いずれか大きい方)、 $EN = V_{IN}$ 、 $I_{OUT} = 10 \text{ mA}$ 、 $C_{IN} = C_{OUT} = 1 \mu\text{F}$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

表 1.

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
INPUT VOLTAGE RANGE	$V_{IN}$	$T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$	2.2		5.5	V
OPERATING SUPPLY CURRENT	$I_{GND}$	$I_{OUT} = 0 \mu\text{A}$		560	1250	nA
		$I_{OUT} = 0 \mu\text{A}$ , $T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$			2.3	$\mu\text{A}$
		$I_{OUT} = 1 \mu\text{A}$		860	1800	nA
		$I_{OUT} = 1 \mu\text{A}$ , $T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$			2.8	$\mu\text{A}$
		$I_{OUT} = 100 \mu\text{A}$		2.6	4.5	$\mu\text{A}$
		$I_{OUT} = 100 \mu\text{A}$ , $T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$			5.8	$\mu\text{A}$
		$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$		11		$\mu\text{A}$
		$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$ , $T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$			19	$\mu\text{A}$
SHUTDOWN CURRENT	$I_{GND-SD}$	$EN = \text{GND}$		50		nA
		$EN = \text{GND}$ , $T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$			1	$\mu\text{A}$
OUTPUT VOLTAGE ACCURACY	$V_{OUT}$	$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$	-1		+1	%
		$0 \mu\text{A} < I_{OUT} < 150 \text{ mA}$ , $V_{IN} = (V_{OUT} + 0.5 \text{ V})$ to $5.5 \text{ V}$	-2		+2	%
		$0 \mu\text{A} < I_{OUT} < 150 \text{ mA}$ , $V_{IN} = (V_{OUT} + 0.5 \text{ V})$ to $5.5 \text{ V}$ , $T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$	-3.5		+3.5	%
ADJUSTABLE-OUTPUT VOLTAGE ACCURACY (ADP161) <sup>1</sup>	$V_{ADJ}$	$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$	0.99	1.0	1.01	V
		$0 \mu\text{A} < I_{OUT} < 150 \text{ mA}$ , $V_{IN} = (V_{OUT} + 0.5 \text{ V})$ to $5.5 \text{ V}$	0.98		1.02	V
		$0 \mu\text{A} < I_{OUT} < 150 \text{ mA}$ , $V_{IN} = (V_{OUT} + 0.5 \text{ V})$ to $5.5 \text{ V}$ , $T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$	0.97		1.03	V
REGULATION Line Regulation Load Regulation <sup>2</sup>	$\Delta V_{OUT}/\Delta V_{IN}$ $\Delta V_{OUT}/\Delta I_{OUT}$	$V_{IN} = (V_{OUT} + 0.5 \text{ V})$ to $5.5 \text{ V}$ , $T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$	-0.1		+0.1	%/V
		$I_{OUT} = 100 \mu\text{A}$ to $150 \text{ mA}$		0.004		%/mA
		$I_{OUT} = 100 \mu\text{A}$ to $150 \text{ mA}$ , $T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$			0.01	%/mA
DROPOUT VOLTAGE <sup>3</sup> 4-Ball WLCSF  5-Lead TSOT	$V_{DROPOUT}$	$V_{OUT} = 3.3 \text{ V}$		7		mV
		$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$			13	mV
		$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$ , $T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$				
		$I_{OUT} = 150 \text{ mA}$		105		mV
		$I_{OUT} = 150 \text{ mA}$ , $T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$			195	mV
		$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$		8		mV
ADJ INPUT BIAS CURRENT (ADP161)	$ADJ_{I-BIAS}$	$2.2 \text{ V} \leq V_{IN} \leq 5.5 \text{ V}$ , $ADJ$ connected to $V_{OUT}$		10		nA
		$V_{OUT} = 2.8 \text{ V}$ , $R_{LOAD} = \infty$ , ADP160 only		300	600	$\Omega$
		$V_{OUT} = 3.3 \text{ V}$			1100	$\mu\text{s}$
CURRENT LIMIT THRESHOLD <sup>5</sup>	$I_{LIMIT}$		220	320	500	mA
THERMAL SHUTDOWN Thermal Shutdown Threshold Thermal Shutdown Hysteresis	$TS_{SD}$ $TS_{SD-HYS}$	$T_J$ rising		150		$^\circ\text{C}$
				15		$^\circ\text{C}$
EN INPUT En Input Logic High EN Input Logic Low EN Input Leakage Current	$V_{IH}$ $V_{IL}$ $V_{I-LEAKAGE}$	$2.2 \text{ V} \leq V_{IN} \leq 5.5 \text{ V}$	1.2			V
		$2.2 \text{ V} \leq V_{IN} \leq 5.5 \text{ V}$			0.4	V
		$EN = V_{IN}$ or $\text{GND}$ $EN = V_{IN}$ or $\text{GND}$ , $T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$		0.1		1
UNDERVOLTAGE LOCKOUT Input Voltage Rising Input Voltage Falling Hysteresis	$UVLO$ $UVLO_{RISE}$ $UVLO_{FALL}$ $UVLO_{HYS}$				2.19	V
			1.60			V
				100		mV

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
OUTPUT NOISE	OUT <sub>NOISE</sub>	10 Hz to 100 kHz, V <sub>IN</sub> = 5 V, V <sub>OUT</sub> = 3.3 V		105		μV rms
		10 Hz to 100 kHz, V <sub>IN</sub> = 5 V, V <sub>OUT</sub> = 2.5 V		100		μV rms
		10 Hz to 100 kHz, V <sub>IN</sub> = 5 V, V <sub>OUT</sub> = 1.2 V		80		μV rms
POWER SUPPLY REJECTION RATIO	PSRR	100 Hz, V <sub>IN</sub> = 5 V, V <sub>OUT</sub> = 3.3 V		60		dB
		100 Hz, V <sub>IN</sub> = 5 V, V <sub>OUT</sub> = 2.5 V		65		dB
		100 Hz, V <sub>IN</sub> = 5 V, V <sub>OUT</sub> = 1.2 V		72		dB
		1 kHz, V <sub>IN</sub> = 5 V, V <sub>OUT</sub> = 3.3 V		50		dB
		1 kHz, V <sub>IN</sub> = 5 V, V <sub>OUT</sub> = 2.5 V		50		dB
		1 kHz, V <sub>IN</sub> = 5 V, V <sub>OUT</sub> = 1.2 V		62		dB

<sup>1</sup> V<sub>OUT</sub> を直接 ADJ へ接続したときの精度。V<sub>OUT</sub> 電圧を外部帰還抵抗により設定すると、調整モードでの絶対精度は使用する抵抗の偏差に依存します。

<sup>2</sup> 0 μA と 150 mA 負荷の端点での計算を使用。

<sup>3</sup> ドロップアウト電圧は、入力電圧を公称出力電圧に設定したときの入力電圧—出力電圧間の電位差として定義されます。これは、2.2 V を超える出力電圧に対するみ適用されます。

<sup>4</sup> スタートアップ時間は、EN の立ち上がりエッジから V<sub>OUT</sub> が公称値の 90% になるまでの時間として定義されます。

<sup>5</sup> 電流制限スレッシュホールドは、出力電圧が規定 typ 値の 90% に低下する電流値として定義されます。例えば、3.0 V 出力電圧の電流制限スレッシュホールドは、出力電圧が 3.0 V の 90% すなわち 2.7 V に低下する電流値として定義されます。

## 入力コンデンサと出力コンデンサの推奨仕様

表 2.

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
MINIMUM INPUT AND OUTPUT CAPACITANCE <sup>1</sup>	C <sub>MIN</sub>	T <sub>A</sub> = -40°C to +125°C	0.7			μF
CAPACITOR ESR	R <sub>ESR</sub>	T <sub>A</sub> = -40°C to +125°C	0.001		0.2	Ω

<sup>1</sup> 最小入力容量と最小出力容量は、全動作範囲で 0.7 μF より大きい必要があります。アプリケーションでの全動作範囲は、最小容量規定値を満たすため、デバイス選択時に考慮する必要があります。X7R タイプと X5R タイプのコンデンサの使用が推奨されますが、Y5V コンデンサと Z5U コンデンサはどの LDO にも推奨できません。

## 絶対最大定格

表 3.

Parameter	Rating
VIN to GND	-0.3 V to +6.5 V
VOOUT to GND	-0.3 V to VIN
EN to GND	-0.3 V to VIN
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Operating Junction Temperature Range	-40°C to +125°C
Operating Ambient Temperature Range	-40°C to +125°C
Soldering Conditions	JEDEC J-STD-020

上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。この規定はストレス定格の規定のみを目的とするものであり、この仕様の動作のセクションに記載する規定値以上でのデバイス動作を定めたものではありません。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くとデバイスの信頼性に影響を与えます。

### 熱データ

絶対最大定格は、組み合わせではなく個別に適用されます。ジャンクション温度を超えると ADP160/ADP161 は損傷を受けることがあります。周囲温度をモニタしても、 $T_J$  が規定温度範囲内にあることを保証できません。消費電力が大きいかつ熱抵抗が大きいアプリケーションでは、最大周囲温度を下げる必要があります。

中程度の消費電力と低い PCB 熱抵抗を持つアプリケーションでは、ジャンクション温度が規定値内にあるかぎり、最大周囲温度は最大値を超えることができます。デバイスのジャンクション温度( $T_J$ )は、周囲温度( $T_A$ )、デバイス消費電力( $P_D$ )、パッケージのジャンクション—周囲間熱抵抗( $\theta_{JA}$ )に依存します。

最大ジャンクション温度( $T_J$ )は、次式を使って周囲温度( $T_A$ )と消費電力( $P_D$ )から計算されます。

$$T_J = T_A + (P_D \times \theta_{JA})$$

パッケージのジャンクション—周囲間熱抵抗 ( $\theta_{JA}$ )は、4 層ボードを使用したモデルと計算に基づいています。ジャンクション—周囲間熱抵抗は、アプリケーションとボード・レイアウトに強く依存します。最大消費電力が大きいアプリケーションでは、ボードの熱デザインに注意が必要です。 $\theta_{JA}$ の値は、PCBの材料、レイアウト、環境条件に依存します。 $\theta_{JA}$ の規定値は、4 層 4 インチ×3 インチの回路ボードに基づいています。ボードの構造については JESD 51-7 と JESD 51-9 を参照してください。その他の情報については、アプリケーション・ノート AN-617 「MicroCSP™ Wafer Level Chip Scale Package」を参照してください。

$\Psi_{JB}$  はジャンクション—ボード間サーマル・キャラクタライゼーション・パラメータであり、単位は°C/W です。パッケージの  $\Psi_{JB}$  は、4 層ボードを使ったモデルと計算に基づいています。JESD51-12 「Guidelines for Reporting and Using Electronic Package Thermal Information」には、サーマル・キャラクタライゼーション・パラメータは熱抵抗と同じではないと記載されています。 $\Psi_{JB}$  は、熱抵抗  $\theta_{JB}$  の場合のように 1 つのサーマル・パスではなく、複数のパスを通過する電力成分を表します。したがって、 $\Psi_{JB}$  サーマル・パスには、パッケージ上面からの対流、パッケージからの放射、実際のアプリケーションで  $\Psi_{JB}$  を有効にしているファクタが含まれます。最大ジャンクション温度( $T_J$ )は、次式を使ってボード温度( $T_B$ )と消費電力( $P_D$ )から計算されます。

$$T_J = T_B + (P_D \times \Psi_{JB})$$

$\Psi_{JB}$  の詳細については、JESD51-8 と JESD51-12 を参照してください。

### 熱抵抗

$\theta_{JA}$  と  $\Psi_{JB}$  はワーストケース条件で規定されます。すなわち表面実装パッケージの場合、デバイスを回路ボードにハンダ付けした状態で規定します。

表 4. 熱抵抗

Package Type	$\theta_{JA}$	$\Psi_{JB}$	Unit
5-Lead TSOT	170	43	°C/W
4-Ball, 0.4 mm Pitch WLCSP	260	58	°C/W

### ESDの注意



ESD (静電放電) の影響を受けやすいデバイスです。電荷を帯びたデバイスや回路ボードは、検知されないまま放電することがあります。本製品は当社独自の特許技術である ESD 保護回路を内蔵してはいますが、デバイスが高エネルギーの静電放電を被った場合、損傷を生じる可能性があります。したがって、性能劣化や機能低下を防止するため、ESD に対する適切な予防措置を講じることをお勧めします。

## ピン配置およびピン機能説明

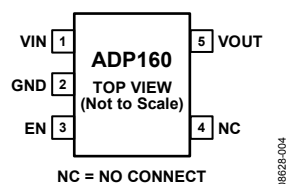


図 4.5 ピン TSOT のピン配置、固定出力、ADP160

表 5.5 ピン TSOT のピン機能説明、ADP160

ピン番号	記号	説明
1	VIN	レギュレータ入力電源。VIN と GND との間に 1 $\mu$ F 以上のコンデンサを接続してバイパスしてください。
2	GND	グラウンド。
3	EN	イネーブル入力。EN をハイ・レベルにするとレギュレータがターンオンし、ロー・レベルにするとレギュレータがターンオフします。自動スタートアップの場合は、EN と VIN を接続します。
4	NC	未接続。このピンは内部で接続されていません。
5	VOUT	レギュレーションされた出力電圧。1 $\mu$ F 以上のコンデンサで VOUT を GND へバイパスしてください。

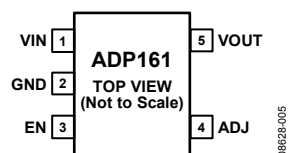


図 5.5 ピン TSOT のピン配置、調整可能出力、ADP161

表 6.5 ピン TSOT のピン機能説明、ADP161

ピン番号	記号	説明
1	VIN	レギュレータ入力電源。VIN と GND との間に 1 $\mu$ F 以上のコンデンサを接続してバイパスしてください。
2	GND	グラウンド。
3	EN	イネーブル入力。EN をハイ・レベルにするとレギュレータがターンオンし、ロー・レベルにするとレギュレータがターンオフします。自動スタートアップの場合は、EN と VIN を接続します。
4	ADJ	出力電圧調整ピン。VOUT と GND の間の分圧器の midpoint をこのピンに接続して、出力電圧を設定します。
5	VOUT	レギュレーションされた出力電圧。1 $\mu$ F 以上のコンデンサで VOUT を GND へバイパスしてください。

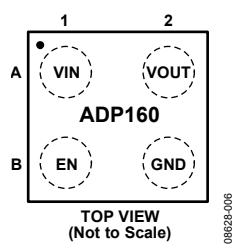


図 6.4 ボール WLCSP のピン配置、ADP160

表 7.4 ボール WLCSP のピン機能説明、ADP160

ピン番号	記号	説明
A1	VIN	レギュレータ入力電源。VIN と GND との間に 1 $\mu$ F 以上のコンデンサを接続してバイパスしてください。
B1	EN	イネーブル入力。EN をハイ・レベルにするとレギュレータがターンオンし、ロー・レベルにするとレギュレータがターンオフします。自動スタートアップの場合は、EN と VIN を接続します。
A2	VOUT	レギュレーションされた出力電圧。1 $\mu$ F 以上のコンデンサで VOUT を GND へバイパスしてください。
B2	GND	グラウンド。

## 代表的な性能特性

特に指定がない限り、 $V_{IN} = 3.8\text{ V}$ 、 $V_{OUT} = 3.3\text{ V}$ 、 $I_{OUT} = 1\text{ mA}$ 、 $C_{IN} = C_{OUT} = 1\text{ }\mu\text{F}$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

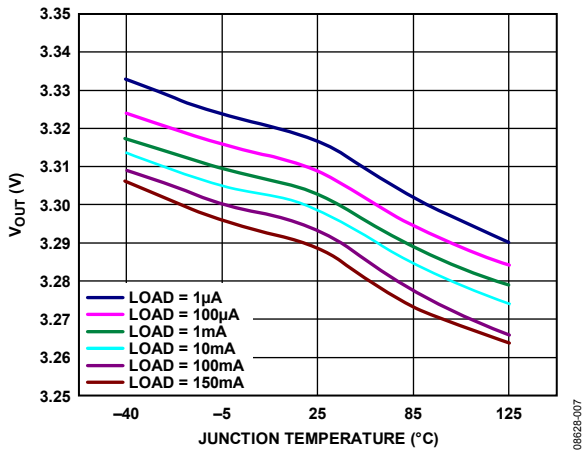


図 7. ジャンクション温度対出力電圧 ( $V_{OUT}$ )

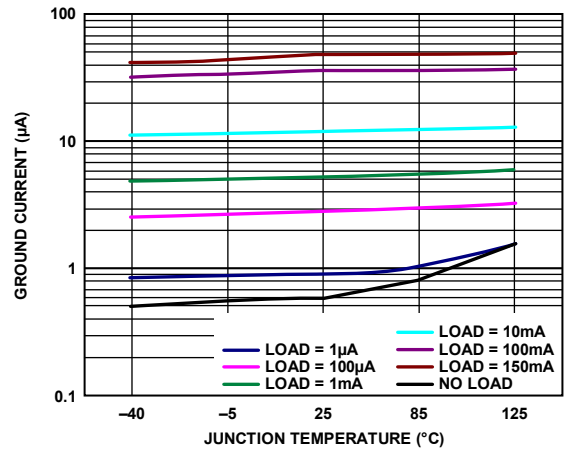


図 10. ジャンクション温度対グラウンド電流

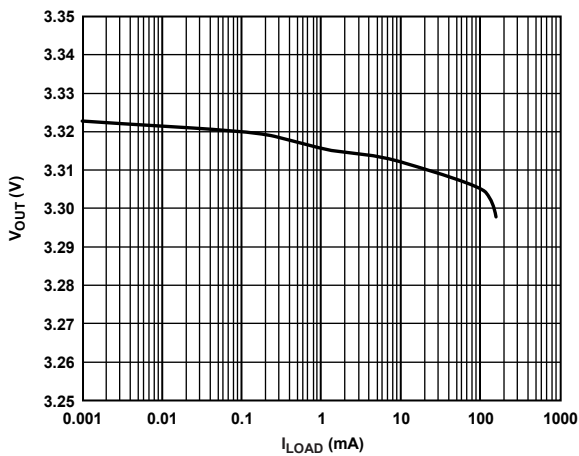


図 8. 負荷電流 ( $I_{LOAD}$ )対出力電圧 ( $V_{OUT}$ )

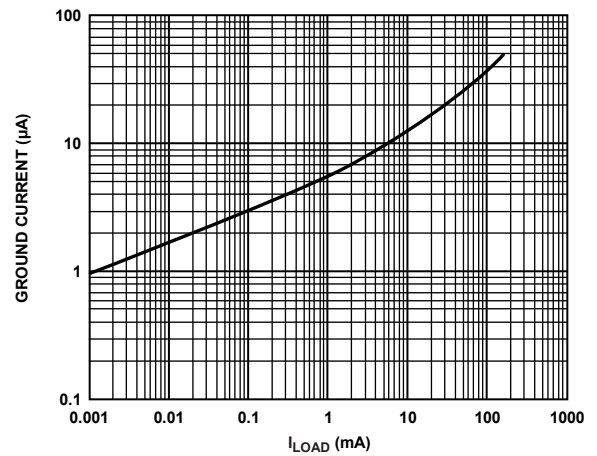


図 11. 負荷電流 ( $I_{LOAD}$ )対グラウンド電流

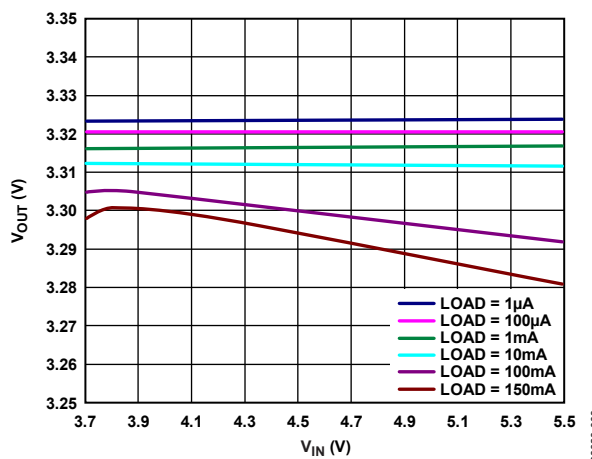


図 9. 入力電圧 ( $V_{IN}$ )対出力電圧 ( $V_{OUT}$ )

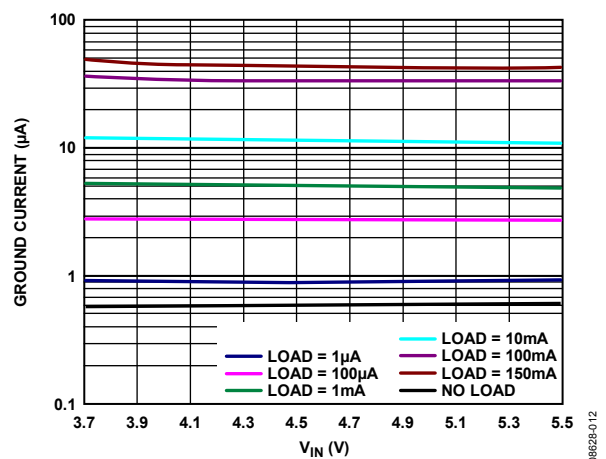
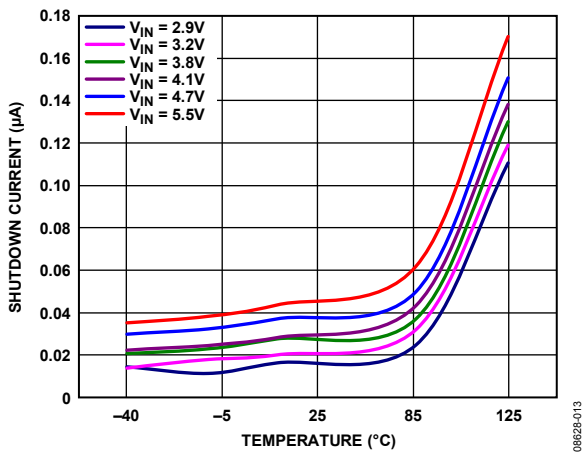


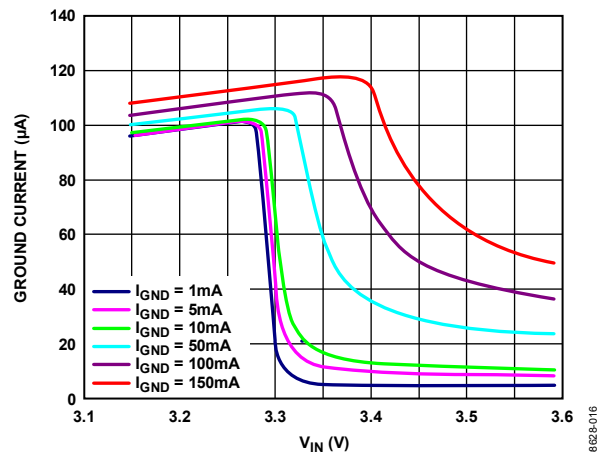
図 12. 入力電圧 ( $V_{IN}$ )対グラウンド電流





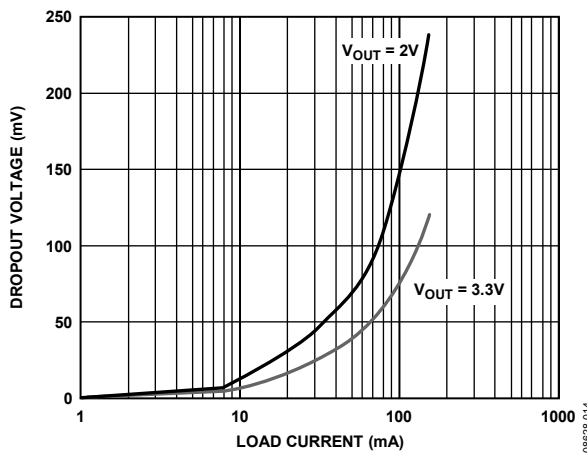
08828-013

図 13. 様々な入力電圧でのシャットダウン電流の温度特性



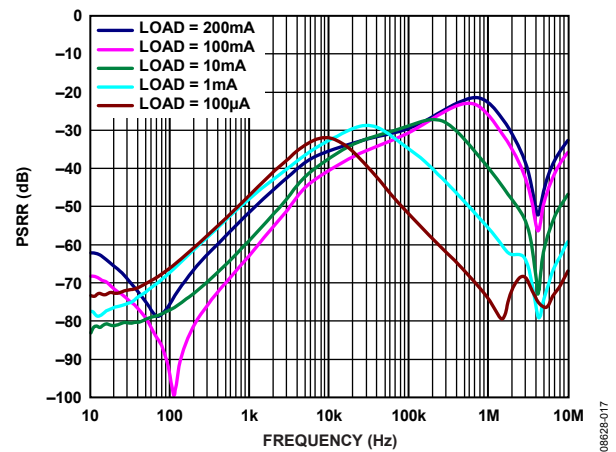
08828-016

図 16. ドロップアウトでの入力電圧 (V<sub>IN</sub>) 対グラウンド電流



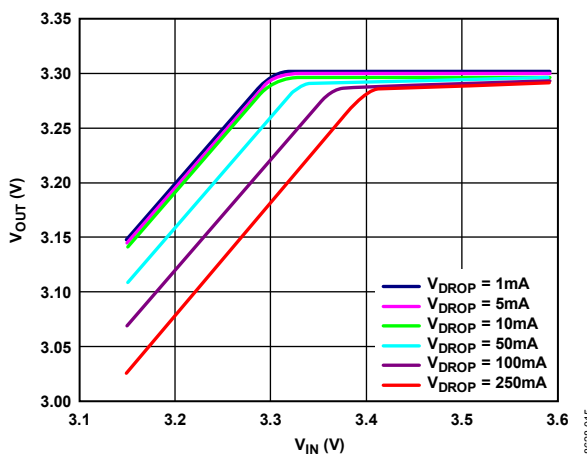
08828-014

図 14. 負荷電流対ドロップアウト電圧



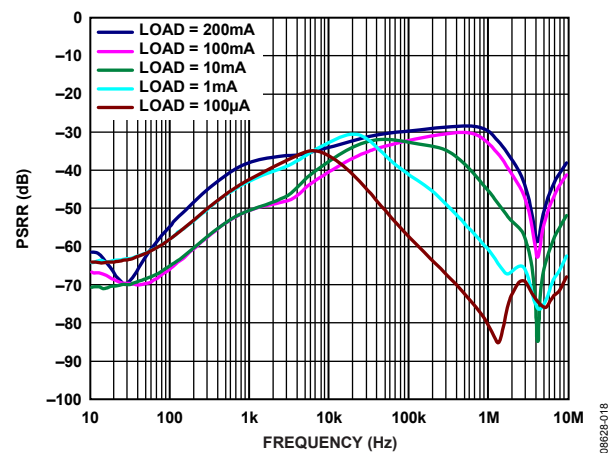
08828-017

図 17. 電源除去比の周波数特性、V<sub>OUT</sub> = 1.2 V、V<sub>IN</sub> = 2.2 V



08828-015

図 15. ドロップアウトでの入力電圧対出力電圧 (V<sub>OUT</sub>)



08828-018

図 18. 電源除去比の周波数特性、V<sub>OUT</sub> = 2.5 V、V<sub>IN</sub> = 3.5 V

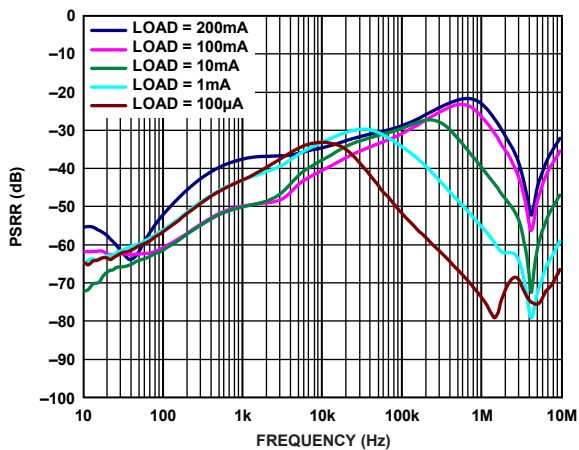


図 19.電源除去比の周波数特性、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $V_{IN} = 4.3V$

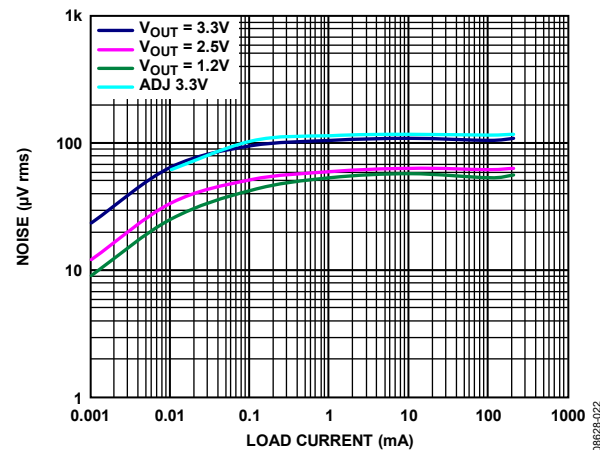


図 22.さまざまな出力電圧での出力ノイズ対負荷電流  
 $V_{IN} = 5V$ 、 $C_{OUT} = 1\mu F$

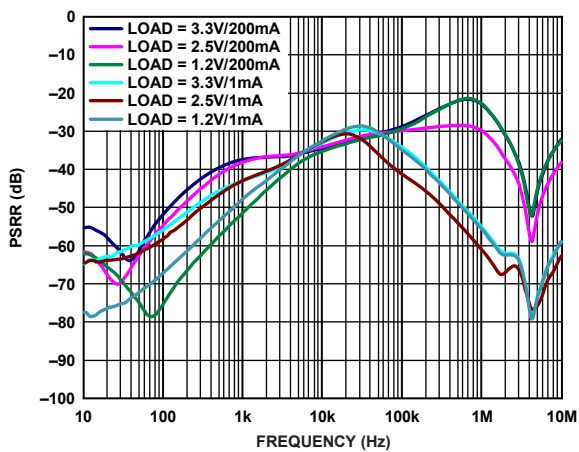


図 20.さまざまな出力電圧と負荷電流での  
電源除去比の周波数特性、 $V_{IN} - V_{OUT} = 1V$

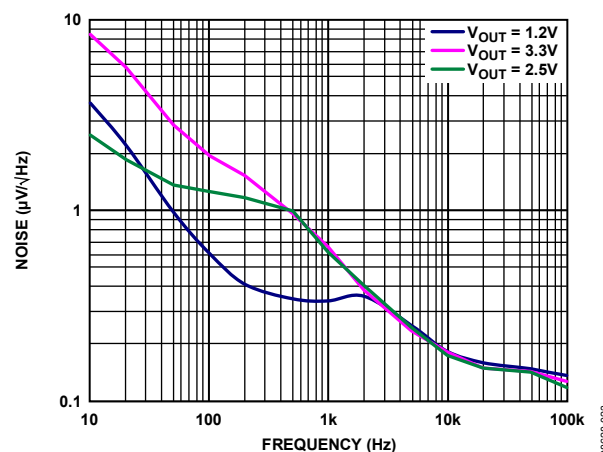


図 23.出力ノイズ・スペクトル密度  
 $V_{IN} = 5V$ 、 $I_{LOAD} = 10mA$ 、 $C_{OUT} = 1\mu F$

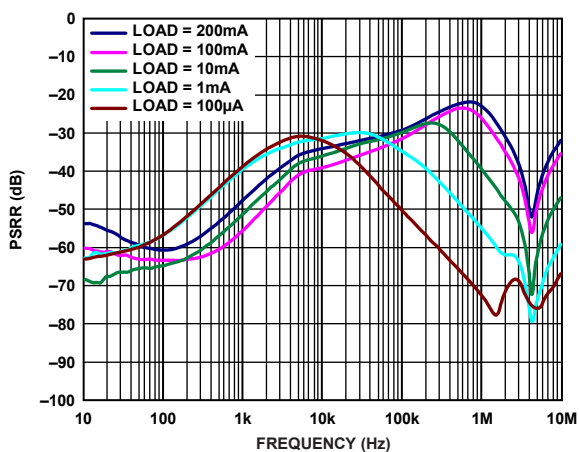


図 21.調整可能 ADP161 の電源除去比周波数特性、  
 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $V_{IN} = 4.3V$

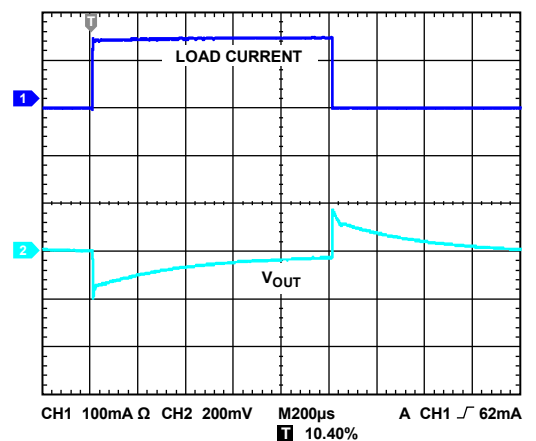


図 24.負荷過渡応答  
 $C_{IN}$ 、 $C_{OUT} = 1\mu F$ 、 $I_{LOAD} = 1mA \sim 150mA$   
200 ns 立ち上がり時間、CH1 = 負荷電流、CH2 =  $V_{OUT}$

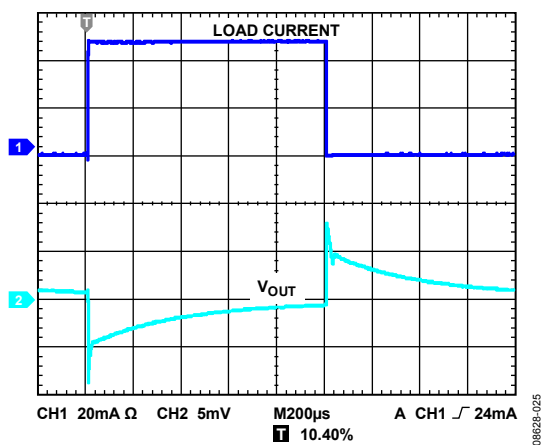


図 25. 負荷過渡応答

$C_{IN}$ 、 $C_{OUT} = 1 \mu F$ 、 $I_{LOAD} = 1 \text{ mA} \sim 50 \text{ mA}$   
 200 ns 立ち上がり時間、CH1 = 負荷電流、CH2 =  $V_{OUT}$

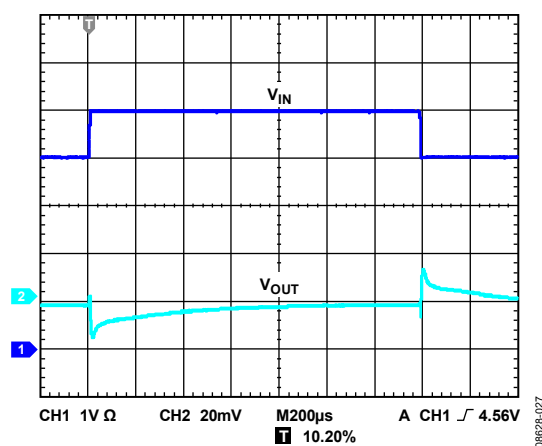


図 27. ライン過渡応答

$V_{IN} = 4 \text{ V} \sim 5 \text{ V}$ 、 $C_{IN}$ 、 $C_{OUT} = 10 \mu F$ 、  
 $I_{LOAD} = 150 \text{ mA}$ 、CH1 =  $V_{IN}$ 、CH2 =  $V_{OUT}$

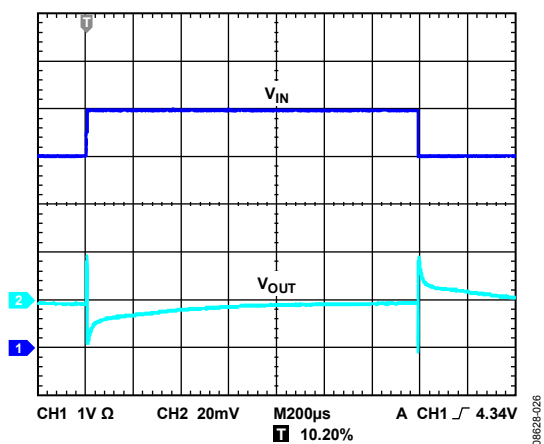


図 26. ライン過渡応答

$V_{IN} = 4 \text{ V} \sim 5 \text{ V}$ 、 $C_{IN}$ 、 $C_{OUT} = 1 \mu F$ 、  
 $I_{LOAD} = 150 \text{ mA}$ 、CH1 =  $V_{IN}$ 、CH2 =  $V_{OUT}$

## 動作原理

ADP160/ADP161 は、超低静止電流、ロー・ドロップアウトのリニア・レギュレータであり、2.2 V～5.5 V で動作し、最大 150 mA の出力電流を提供することができます。ADP160 の無負荷電流はわずか 560 nA (typ) だけで、フル負荷での静止電流は 42 μA (typ) と小さいため、バッテリー駆動のポータブル機器に最適です。シャットダウン消費電流は 50 nA (typ) です。

ADP160 では新しい革新的なデザイン技術を採用して、デジタル・アプリケーションと RF アプリケーションに対して極めて小さい静止電流と優れた過渡応答性能を提供します。また ADP160 は、小型の 1 μF セラミック・コンデンサの使用に対しても最適化されています。

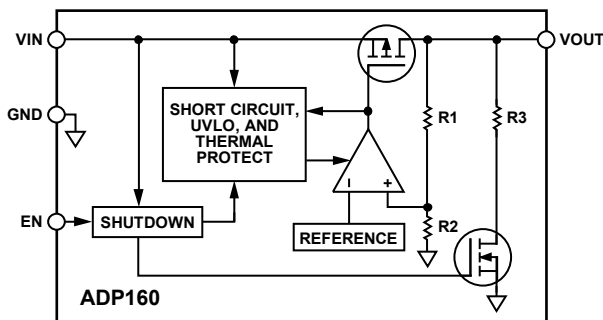


図 28. 内部ブロック図、出力放電機能付き固定出力

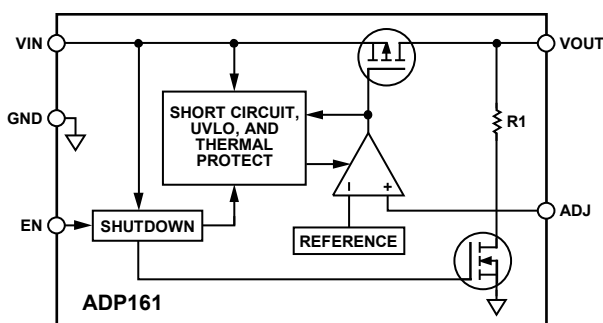


図 29. 内部ブロック図、出力放電機能付き調整可能出力

内部的には、ADP160 は、リファレンス電圧、誤差アンプ、帰還分圧器、PMOS パス・トランジスタから構成されています。出力電流は、誤差アンプから制御される PMOS パス・デバイスを経由して供給されます。誤差アンプは、リファレンス電圧と出力からの帰還電圧を比較して、その差を増幅します。帰還電圧がリファレンス電圧より低い場合、PMOS デバイスのゲート電位が低くなるので、通過する電流が大きくなり、出力電圧が上昇します。帰還電圧がリファレンス電圧より高い場合は、PMOS デバイスのゲート電位が高くなるので、通過する電流が小さくなり、出力電圧が低下します。

調整可能な ADP161 の出力電圧範囲は、1.0 V～4.2 V です。出力電圧は図 2 に示すように、2 本の外付け抵抗の比で設定されます。デバイスは、ADJ ピン電圧と 1.0 V のリファレンス電圧 (グラウンド基準) とが一致するように制御して、出力を維持します。そうすると、R1 の電流は 1.0 V/R2 に等しくなり、R1 の電流は R2 の電流と ADJ ピンのバイアス電流との和になります。ADJ ピンのバイアス電流 (25°C で 10 nA) は、R1 を通り ADJ ピンに流入します。

出力電圧は次式で計算することができます。

$$V_{OUT} = 1.0 \text{ V} (1 + R1/R2) + (ADJ_{I-BIAS})(R1)$$

R1 の値は 200 kΩ より小さくして、ADJ ピンのバイアス電流で発生する出力電圧の誤差を小さくする必要があります。例えば、R1 と R2 をそれぞれ 200 kΩ にすると、出力電圧は 2.0 V になります。ADJ ピンのバイアス電流を 25°C で 10 nA (typ) とすると、ADJ ピンのバイアス電流で発生する出力電圧誤差は 2 mV すなわち 0.10% になります。

シャットダウンでは、出力がターンオフされるため、分圧器電流はゼロになることに注意してください。

また、ADP160/ADP161 は、LDO をディスエーブルしたとき出力電圧をゼロにする出力放電回路を内蔵しています。この機能により、LDO 出力のイネーブル/ディスエーブルによらず、LDO 出力では常に明確な状態が保証されます。

ADP160 では、1.2 V～4.2 V の 15 種類の出力電圧オプションを提供しています。ADP160/ADP161 では EN ピンを使って、通常動作状態で VOUT ピンをイネーブル/ディスエーブルします。EN をハイ・レベルにすると VOUT がオンになり、ロー・レベルにすると VOUT がオフになります。自動スタートアップの場合は、EN と VIN を接続することができます。

## アプリケーション情報

### コンデンサの選択

#### 出力コンデンサ

ADP160/ADP161 は、小型で省スペースのセラミック・コンデンサで動作するようにデザインされていますが、実効直列抵抗 (ESR) 値に注意すれば一般的に使用されているコンデンサで動作することもできます。出力コンデンサの ESR は、LDO 制御ループの安定性に影響を与えます。ADP160/ADP161 の安定性のためには、 $1\ \Omega$  以下の ESR を持つ最小  $1\ \mu\text{F}$  のコンデンサの使用が推奨されます。負荷電流の変化に対する過渡応答も出力容量の影響を受けます。大きな値の出力容量を使用すると、負荷電流の大きな変化に対する ADP160/ADP161 の過渡応答を向上させることができます。図 30 と図 31 に、それぞれ  $1\ \mu\text{F}$  と  $10\ \mu\text{F}$  の出力容量値に対する過渡応答を示します。

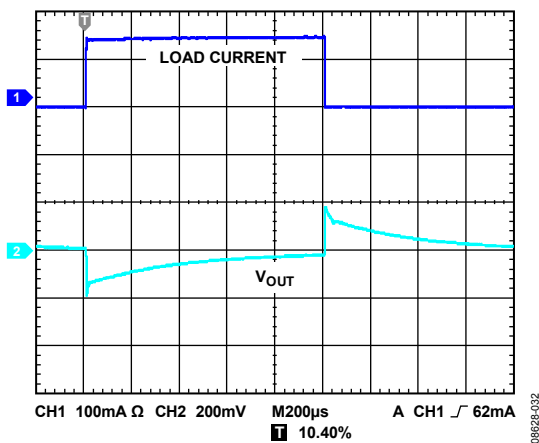


図 30. 出力過渡応答

$C_{\text{OUT}} = 1\ \mu\text{F}$ , CH1 = 負荷電流, CH2 =  $V_{\text{OUT}}$

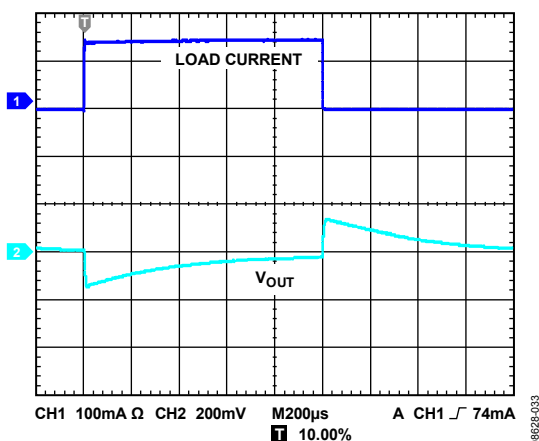


図 31. 出力過渡応答

$C_{\text{OUT}} = 10\ \mu\text{F}$ , CH1 = 負荷電流, CH2 =  $V_{\text{OUT}}$

#### 入力バイパス・コンデンサ

VIN ピンと GND の間に  $1\ \mu\text{F}$  のコンデンサを接続すると、特に入力パターンが長いカソード・インピーダンスが高い場合に、プリント回路ボード (PCB) のレイアウトに対する回路の感受性を小さくすることができます。 $1\ \mu\text{F}$  より大きい出力容量が必要な場合は、出力容量に合わせて入力コンデンサを大きくすることが推奨されます。

#### 入力コンデンサと出力コンデンサの特性

最小容量と最大 ESR 条件を満たすかぎり、ADP160/ADP161 で任意の高品質セラミック・コンデンサを使用することができます。セラミック・コンデンサは様々な誘電体を使って製造されて、各々は温度と加えられる電圧に対して異なる動作をします。コンデンサは、必要とされる温度範囲と DC バイアス条件に対して最小容量を保証する十分な誘電体を持っている必要があります。電圧定格  $6.3\ \text{V}$  または  $10\ \text{V}$  の X5R 誘電体または X7R 誘電体の使用が推奨されます。Y5V 誘電体と Z5U 誘電体は温度特性と DC バイアス特性が十分でないため推奨されません。

図 32 に、0402、 $1\ \mu\text{F}$ 、 $10\ \text{V}$  の X5R コンデンサについて容量対電圧バイアス特性を示します。コンデンサの電圧安定性は、コンデンサのサイズと電圧定格の影響を大きく受けます。一般に、コンデンサのパッケージが大きいくほど、または電圧定格が大きいくほど、優れた安定性を示します。X5R 誘電体の温度変動は、 $-40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$  の温度範囲で  $\pm 15\%$  であり、パッケージまたは電圧定格の関数になっていません。

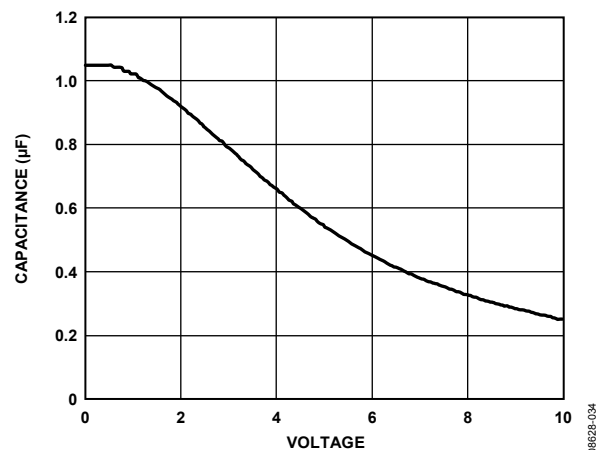


図 32. 電圧対容量特性

式 1 を使うと、温度、部品偏差、電圧に対するコンデンサの変動を考慮した、ワーストケース容量を求めることができます。

$$C_{\text{EFF}} = C_{\text{BIAS}} \times (1 - \text{TEMPCO}) \times (1 - \text{TOL}) \quad (1)$$

ここで、

$C_{\text{BIAS}}$  は動作電圧での実効容量。

TEMPCO はワーストケースのコンデンサ温度係数。

TOL はワーストケースの部品偏差。

この例では、 $-40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$  でのワーストケース温度係数 (TEMPCO) を、X5R 誘電体では  $15\%$  と想定しています。図 32 に示すように、コンデンサの偏差 (TOL) は  $10\%$ 、かつ  $1.8\ \text{V}$  で  $C_{\text{BIAS}} = 0.94\ \mu\text{F}$  としています。

これらの値を式 1 に代入すると、

$$C_{\text{EFF}} = 0.94\ \mu\text{F} \times (1 - 0.15) \times (1 - 0.1) = 0.719\ \mu\text{F}$$

したがって、この例で選択したコンデンサは、選択した出力電圧で、温度と偏差に対する LDO の最小容量条件を満たします。

ADP160/ADP161 の性能を保証するためには、コンデンサ動作に対する DC バイアス、温度、偏差の影響を各アプリケーションごとに評価することが不可欠です。

## イネーブル機能

ADP160/ADP161 ではENピンを使って、通常の動作状態でVOUTピンをイネーブル/ディスエーブルします。図 33に示すように、ENの電圧がアクティブ・スレッシュホールドを超えると、VOUTがターンオンします。ENの電圧が非アクティブ・スレッシュホールドを下回ると、VOUTがターンオフします。

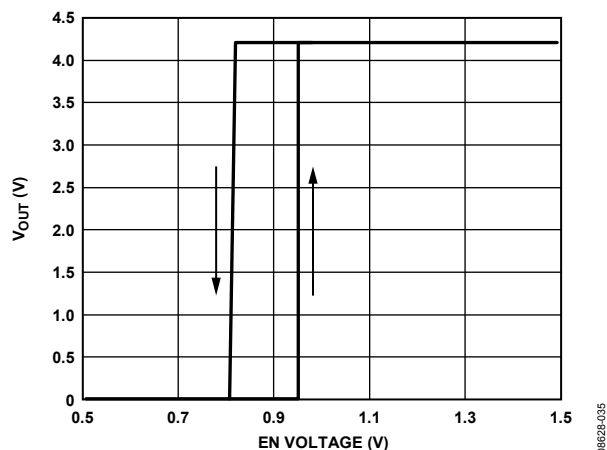


図 33.一般的な EN ピンの動作

図 33に示すように、ENピンにはヒステリシスがあります。このヒステリシスは、ENピンがスレッシュホールド・ポイントを通るときにノイズにより発生するオン/オフ発振を防止します。

ENピンのアクティブ/非アクティブ・スレッシュホールドはVIN電圧から発生されます。このため、これらのスレッシュホールドは入力電圧の変化により変動します。図 34に、入力電圧が 2.2 V から 5.5 Vまで変化するときのENのアクティブ/非アクティブ・スレッシュホールド(typ値)を示します。

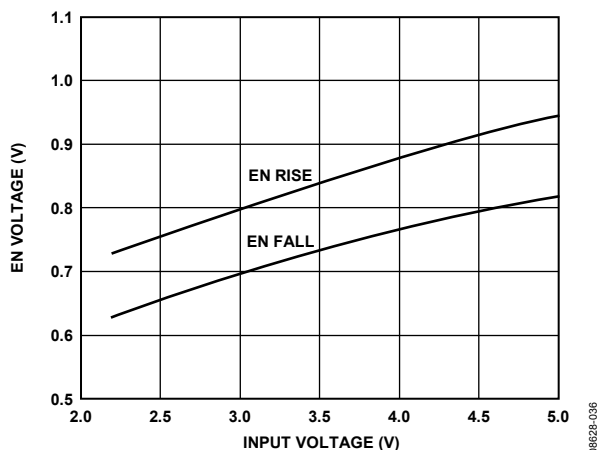


図 34.入力電圧対 EN ピン・スレッシュホールド(typ 値)

図 35と図 36に、ADP160 のスタートアップ動作とシャットダウン動作を示します。

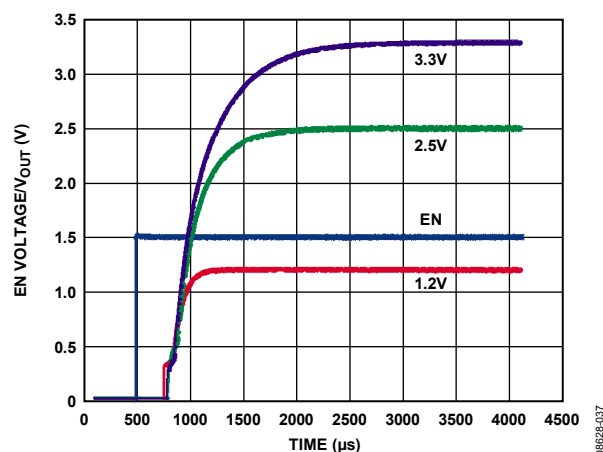


図 35.代表的なスタートアップ動作

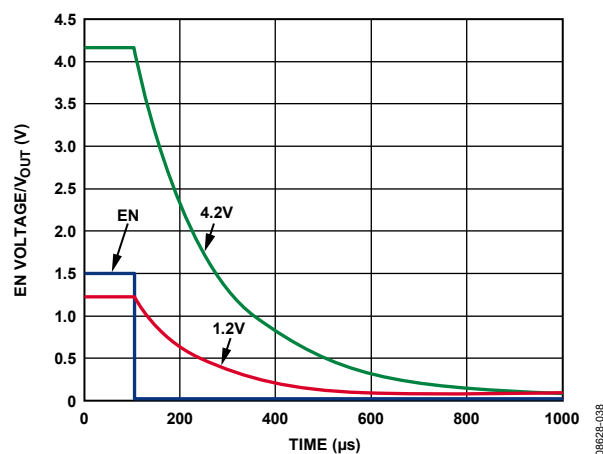


図 36.代表的なシャットダウン動作

## 電流制限および熱過負荷保護

ADP160/ADP161 は、電流と熱の過負荷に対する保護回路により、大きな消費電力による損傷から保護されています。ADP160/ADP161 は、出力負荷が 320 mA (typ)に到達したとき、電流制限するようにデザインされています。出力負荷が 320 mA を超えると、出力電圧を下げても一定の電流限界値を維持します。ジャンクション温度を最大 150°C (typ)に制限する熱過負荷保護機能も内蔵しています。極限状態(周囲温度が高く、消費電力が大きい)で、ジャンクション温度が 150°C を超え始めると、出力がターンオフされて、出力電流がゼロになります。ジャンクション温度が 135°C を下回ると、出力が再びターンオンして、出力電流が公称値に戻ります。

VOUT がグラウンドへ短絡するケースを考えます。まず、ADP160/ADP161 は短絡電流が 320 mA を超えないように電流を制限します。ジャンクションの自己発熱が大きくなると温度が 150°C を超えるので、サーマル・シャットダウンが起動されて、出力がターンオフされ、出力電流がゼロになります。ジャンクション温度が 135°C を下回ると、出力がターンオンして短絡に 320 mA が流れて、再びジャンクション温度が 150°C を超えます。135°C と 150°C の間のこの熱的発振により、320 mA と 0 mA の間の電流発振が発生して、出力に短絡が残っている間この発振が続きます。

電流制限機能と熱過負荷保護機能は、偶発的な過負荷状態に対してデバイスを保護することを目的としています。信頼度の高い動作を得るためには、外部からデバイス消費電力を制限して、ジャンクション温度が 125°C を超えないようにする必要があります。

## 熱に対する考慮事項

大部分のアプリケーションでは、ADP160/ADP161 の効率がいため、大きな発熱はありませんが、周囲温度が高く、かつ電源電圧と出力電圧の差が大きいアプリケーションでは、パッケージの発熱が大きくなって、チップのジャンクション温度が最大ジャンクション温度 125°C を超えるようになります。

ジャンクション温度が 150°C を超えると、コンバータはサーマル・シャットダウンします。永久的な損傷を防止するため、ジャンクション温度が 135°C を下回るまで回復しません。したがって、すべての条件で信頼度の高い性能を保証するためには、アプリケーションの熱解析が非常に重要です。式 2 に示すように、チップのジャンクション温度は、周囲温度と電力消費によるパッケージの温度上昇の和です。

信頼度の高い動作を保証するためには、ADP160/ADP161 のジャンクション温度が 125°C を超えないようにする必要があります。ジャンクション温度をこの最大値より低く維持するためには、ジャンクション温度の変化に寄与するパラメータを知っておく必要があります。これらのパラメータとしては、周囲温度、パワー・デバイスの消費電力、ジャンクションー周囲間の熱抵抗 ( $\theta_{JA}$ ) などがあります。  $\theta_{JA}$  値は、パッケージ材料とパッケージ GND ピンと PCB をハンダ接続する際の銅の量に依存します。表 8 に、種々の PCB 銅サイズに対する 5 ピン TSOT と 4 ボール WLCSP パッケージの  $\theta_{JA}$  値 (typ) を示します。表 9 に、5 ピン TSOT と 4 ボール WLCSP の  $\Psi_{JB}$  値 (typ) を示します。

表 8.  $\theta_{JA}$  値 (typ)

Copper Size (mm <sup>2</sup> )	$\theta_{JA}$ (°C/W)	
	TSOT	WLCSP
0 <sup>1</sup>	170	260
50	152	159
100	146	157
300	134	153
500	131	151

<sup>1</sup> デバイスは最小サイズのピン・パターンにハンダ付け。

表 9.  $\Psi_{JB}$  値 (typ)

$\Psi_{JB}$ (°C/W)	
TSOT	WLCSP
42.8	58.4

ADP160/ADP161 のジャンクション温度は次式で計算できます。

$$T_J = T_A + (P_D \times \theta_{JA}) \quad (2)$$

ここで、

$T_A$  は周囲温度。

$P_D$  はチップの消費電力で、次式で与えられます。

$$P_D = [(V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{LOAD}] + (V_{IN} \times I_{GND}) \quad (3)$$

ここで、

$I_{LOAD}$  は負荷電流。

$I_{GND}$  はグラウンド電流。

$V_{IN}$  と  $V_{OUT}$  は、それぞれ入力電圧と出力電圧。

グラウンド電流による消費電力は小さいため無視できます。このため、次のように簡単になります。

$$T_J = T_A + \{[(V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{LOAD}] \times \theta_{JA}\} \quad (4)$$

式 4 に示すように、与えられた周囲温度に対して、ジャンクション温度が 125°C を超えないようにするため、入力と出力間の電位差、連続負荷電流、最小銅サイズ条件が PCB に対して存在します。図 37 ~ 図 44 に、様々な周囲温度、負荷電流、 $V_{IN}$ — $V_{OUT}$  間電位差、PCB 銅面積に対するジャンクション温度計算を示します。

ボード温度が既知の場合、サーマル・キャラクタライゼーション・パラメータ  $\Psi_{JB}$  を使ってジャンクション温度上昇を計算することができます(図 45 と図 46 参照)。最大ジャンクション温度 ( $T_J$ ) は、次式を使ってボード温度 ( $T_B$ ) と消費電力 ( $P_D$ ) から計算されます。

$$T_J = T_B + (P_D \times \Psi_{JB}) \quad (5)$$

4 ボール WLCSP パッケージの代表的な  $\Psi_{JB}$  値は 58°C/W で、5 ピン TSOT パッケージの値は 43°C/W です。

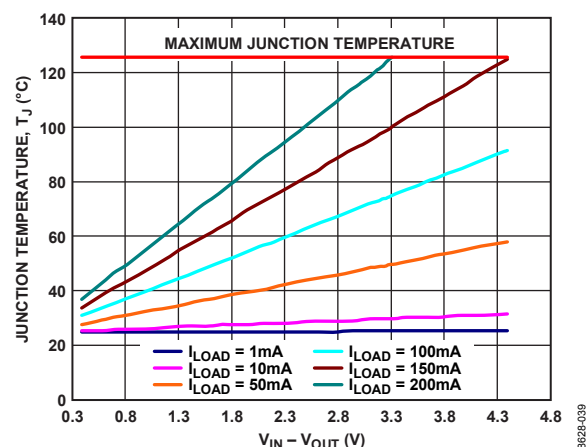


図 37. WLCSP、PCB 銅面積 = 500 mm<sup>2</sup>、 $T_A = 25^\circ\text{C}$

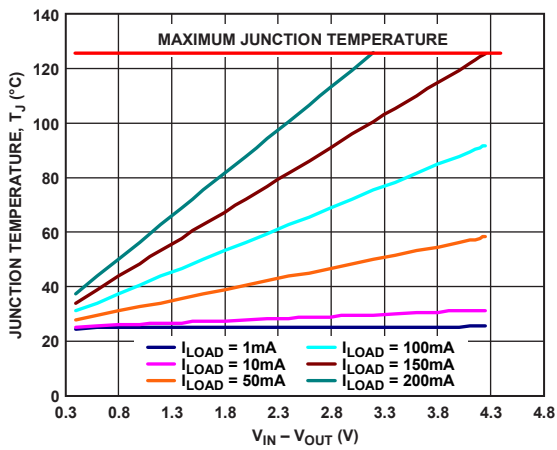


图 38.WLCSP、PCB 銅面積 = 100 mm<sup>2</sup>、 $T_A = 50^\circ C$

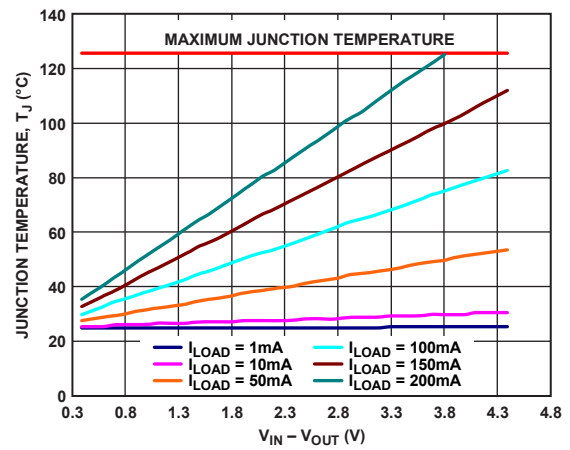


图 41.TSOT、PCB 銅面積 = 500 mm<sup>2</sup>、 $T_A = 25^\circ C$

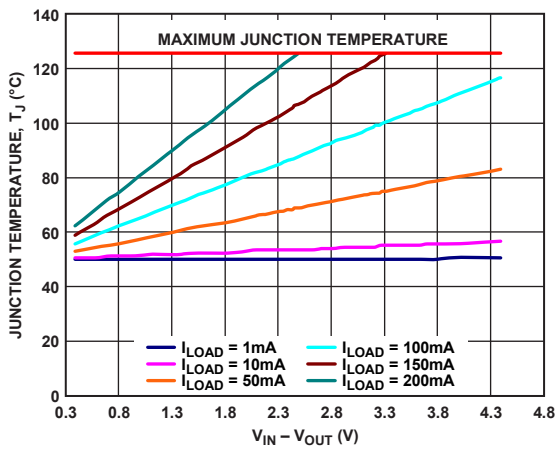


图 39.WLCSP、PCB 銅面積 = 500 mm<sup>2</sup>、 $T_A = 85^\circ C$

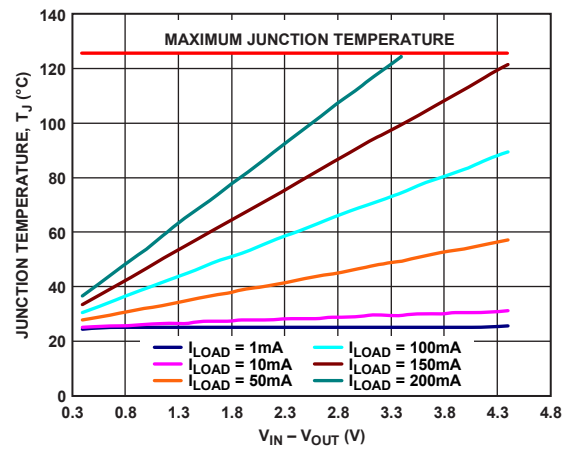


图 42.TSOT、PCB 銅面積 = 100 mm<sup>2</sup>、 $T_A = 25^\circ C$

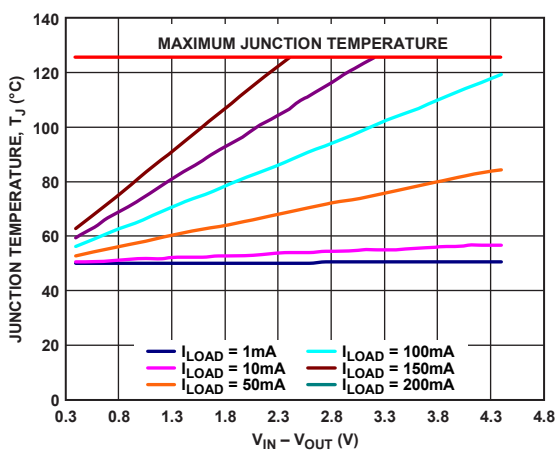


图 40.WLCSP、PCB 銅面積 = 100 mm<sup>2</sup>、 $T_A = 50^\circ C$

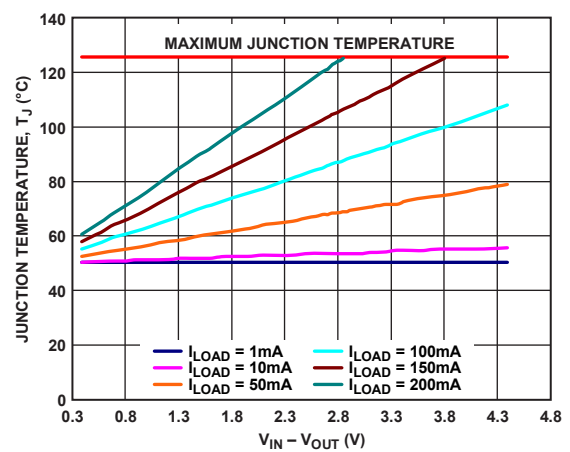
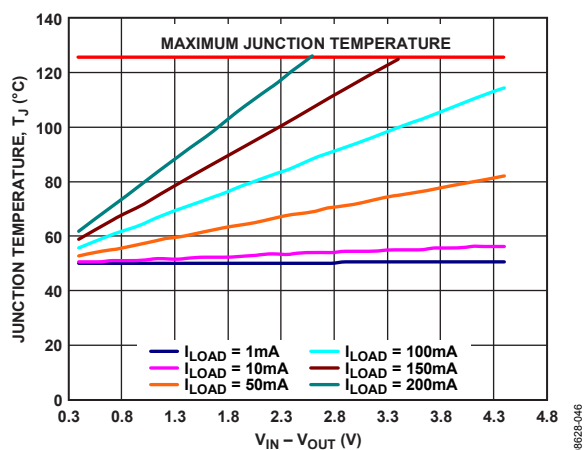
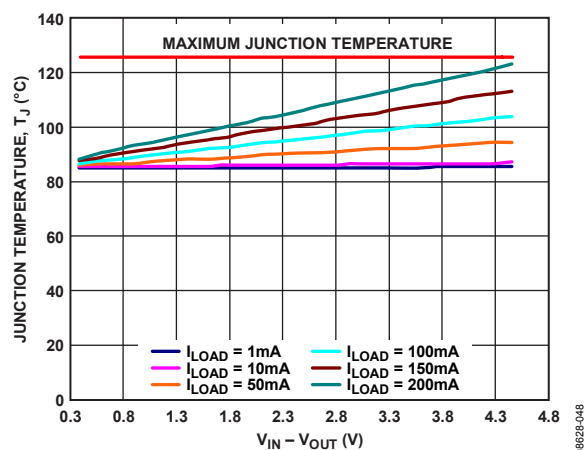
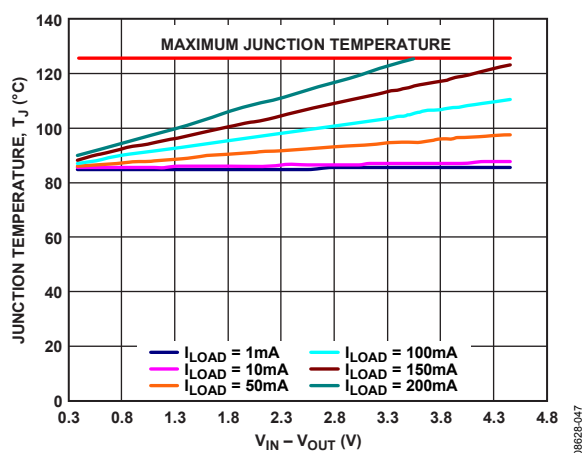


图 43.TSOT、PCB 銅面積 = 500 mm<sup>2</sup>、 $T_A = 50^\circ C$

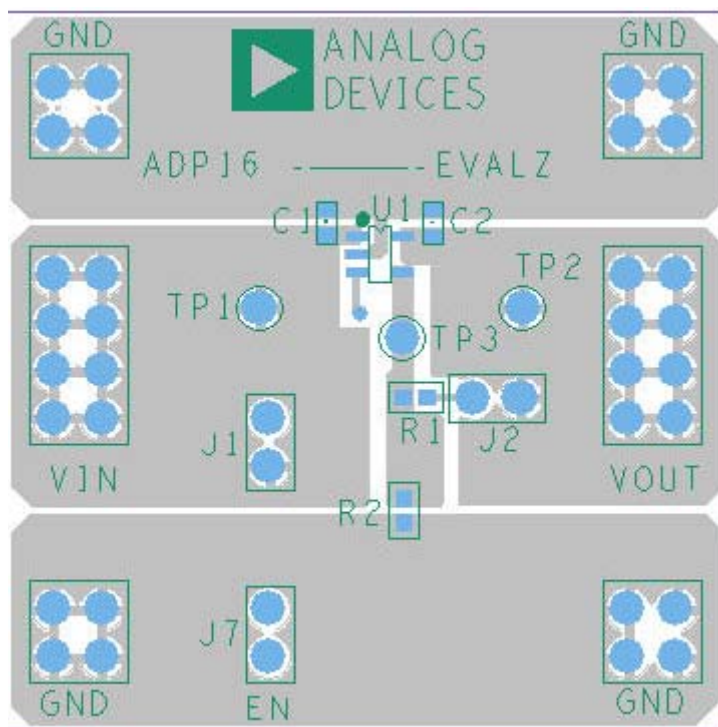


図 44. TSOT、PCB 銅面積 = 100 mm<sup>2</sup>、T<sub>A</sub> = 50°C図 46. TSOT、T<sub>A</sub> = 85°C図 45. WLCSP、T<sub>A</sub> = 85°C

### プリント基板レイアウト時の考慮事項

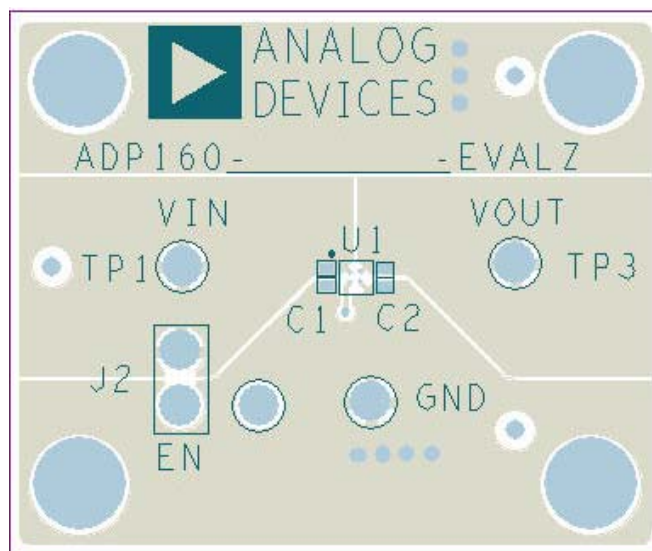
ADP160/ADP161 のピンに接触する銅の量を増やすとパッケージからの放熱を改善することができますが、表 8 に示すように、限界点に到達して、それ以上銅サイズを増やしても熱放散を大きく改善できません。

入力コンデンサは VIN ピンと GND ピンのできるだけ近くに配置します。出力コンデンサは VOUT ピンと GND ピンのできるだけ近くに配置します。0402 または 0603 サイズのコンデンサと抵抗を使うと、面積が制限されているボード上で最小のフットプリント・ソリューションが実現できます。



08P23-049

図 47.5 ピン TSOT PCB のレイアウト例



08P23-050

図 48.4 ボール WLCSP PCB のレイアウト例

## 外形寸法

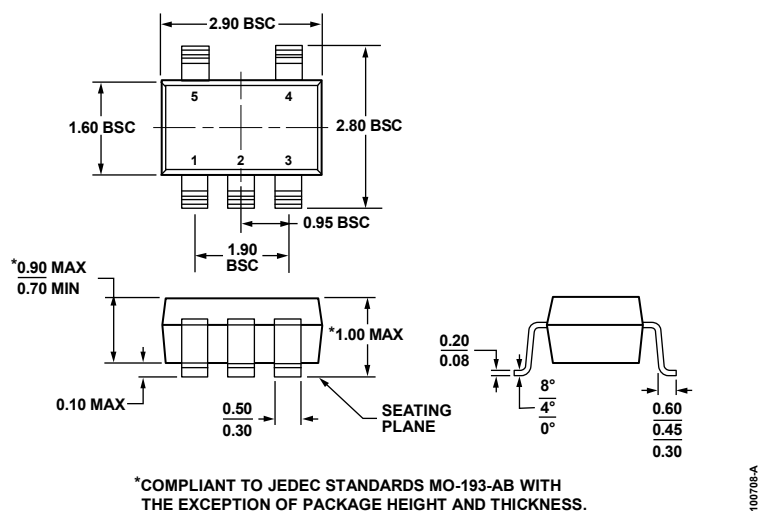


図 49. 5 ピン薄型スモール・アウトライン・トランジスタ・パッケージ [TSOT] (UJ-5)  
寸法: mm

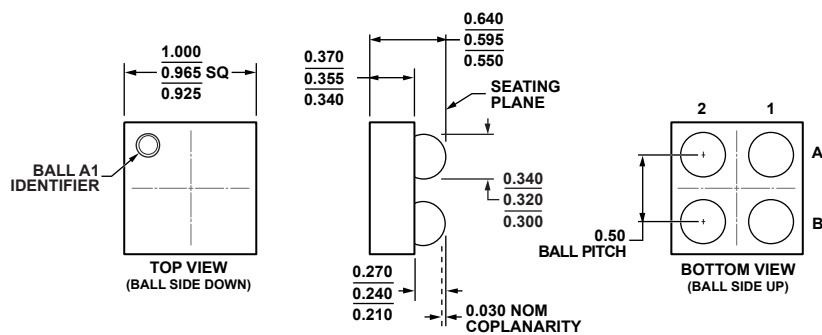


図 50. 4 ボール・ウェハー・レベル・チップ・スケール・パッケージ [WLCSP] (CB-4-1)  
寸法: mm

## オーダー・ガイド

Model <sup>1</sup>	Temperature Range	Output Voltage (V)	Package Description	Package Option	Branding
ADP160ACBZ-1.2-R7	-40°C to +125°C	1.2	4-Ball WLCSP	CB-4-1	5K
ADP160ACBZ-1.5-R7	-40°C to +125°C	1.5	4-Ball WLCSP	CB-4-1	5L
ADP160ACBZ-1.8-R7	-40°C to +125°C	1.8	4-Ball WLCSP	CB-4-1	5N
ADP160ACBZ-2.1-R7	-40°C to +125°C	2.1	4-Ball WLCSP	CB-4-1	5P
ADP160ACBZ-2.5-R7	-40°C to +125°C	2.5	4-Ball WLCSP	CB-4-1	5Q
ADP160ACBZ-2.75-R7	-40°C to +125°C	2.75	4-Ball WLCSP	CB-4-1	5R
ADP160ACBZ-2.8-R7	-40°C to +125°C	2.8	4-Ball WLCSP	CB-4-1	5S
ADP160ACBZ-2.85-R7	-40°C to +125°C	2.85	4-Ball WLCSP	CB-4-1	5T
ADP160ACBZ-3.0-R7	-40°C to +125°C	3.0	4-Ball WLCSP	CB-4-1	5U
ADP160ACBZ-3.3-R7	-40°C to +125°C	3.3	4-Ball WLCSP	CB-4-1	5V
ADP160ACBZ-4.2-R7	-40°C to +125°C	4.2	4-Ball WLCSP	CB-4-1	6U
ADP160AUJZ-1.2-R7	-40°C to +125°C	1.2	5-Lead TSOT	UJ-5	LDQ
ADP160AUJZ-1.5-R7	-40°C to +125°C	1.5	5-Lead TSOT	UJ-5	LDR
ADP160AUJZ-1.8-R7	-40°C to +125°C	1.8	5-Lead TSOT	UJ-5	LE0
ADP160AUJZ-2.5-R7	-40°C to +125°C	2.5	5-Lead TSOT	UJ-5	LFZ
ADP160AUJZ-2.8-R7	-40°C to +125°C	2.8	5-Lead TSOT	UJ-5	LG0
ADP160AUJZ-3.0-R7	-40°C to +125°C	3.0	5-Lead TSOT	UJ-5	Y2U
ADP160AUJZ-3.3-R7	-40°C to +125°C	3.3	5-Lead TSOT	UJ-5	LG1
ADP160AUJZ-4.2-R7	-40°C to +125°C	4.2	5-Lead TSOT	UJ-5	LGY
ADP161AUJZ-R7	-40°C to +125°C	Adjustable	5-Lead TSOT	UJ-5	LHW
ADP160UJZ-REDYKIT			Evaluation board kit		

<sup>1</sup> Z = RoHS 準拠製品