

入力電流制限 50mA の 高電圧マイクロパワー昇圧コンバータ

概要

MAX77291 は、100mA のピーク・インダクタ電流制限機能と True Shutdown™ 機能を備えた低自己消費電流の昇圧（ステップアップ）DC/DC コンバータです。True Shutdown は出力を入力から切り離して、順方向にも逆方向にも電流が流れないようにします。出力電圧は外付けの抵抗分圧器で設定し、5.5V～20V の広い範囲で調整できます。

MAX77291 は、6 バンプ、0.4mm ピッチのウェハ・レベル・パッケージ（WLP）を採用しています。

アプリケーション

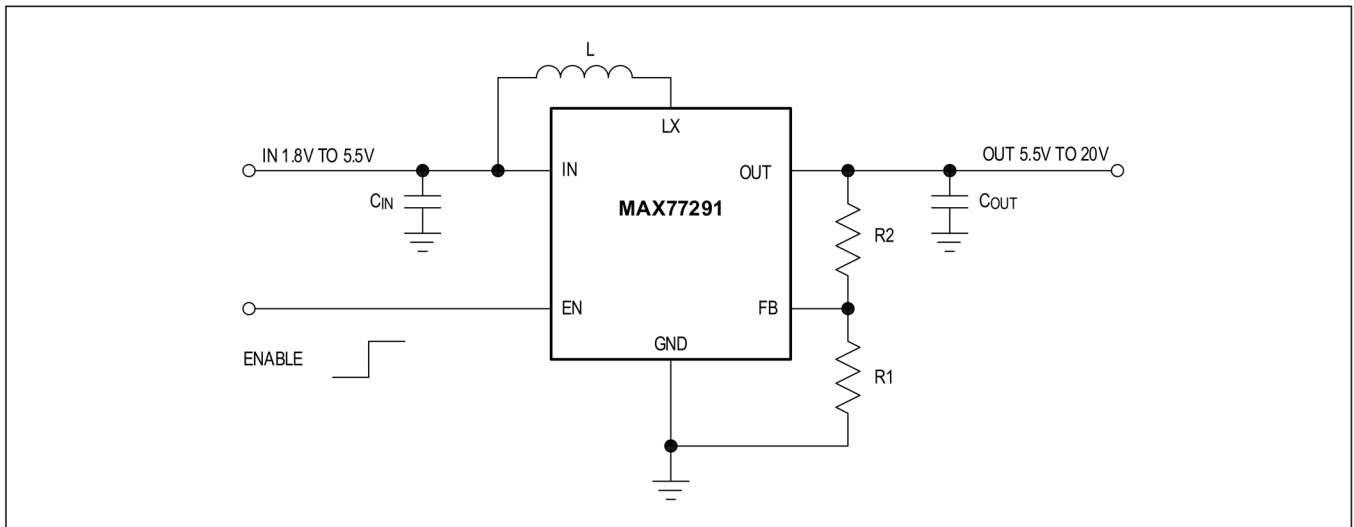
- 1 次電池ポータブル・システム
- バッテリ駆動の医療機器
- 小型、低消費電力のモノのインターネット（IoT）センサー
- 低消費電力の無線通信製品
- 2 次電池ポータブル・システム

特長と利点

- 入力からの自己消費電流：28μA
- 出力短絡保護
- 過熱保護
- True Shutdownモード
 - シャットダウン電流：13nA
 - OUTからの逆方向電流なし
- ピーク効率：90%
- 入力範囲：1.8V～5.5V
- 出力電圧範囲：5.5V～20V
- ピーク・インダクタ電流制限値：100mA
- 1.27mm × 0.87mm、6バンプWLP（3 × 2、0.4mmピッチ）パッケージ
- 温度範囲：-40°C～+125°C

型番はデータシート末尾に記載されています。

簡略アプリケーション回路図



True Shutdown は Analog Devices Inc. の商標です。

目次

概要.....	1
アプリケーション.....	1
特長と利点.....	1
簡略アプリケーション回路図.....	1
絶対最大定格.....	3
パッケージ情報.....	3
電気的特性.....	5
標準動作特性.....	6
標準動作特性（続き）.....	7
ピン配置.....	7
端子説明.....	7
機能図.....	8
詳細.....	8
低電圧ロックアウト.....	8
イネーブルとディスエーブル.....	9
起動.....	9
出力短絡保護.....	9
サーマルシャットダウン.....	9
アプリケーション情報.....	9
設計手順.....	9
出力電圧の設定.....	9
インダクタの選択.....	10
入力コンデンサと出力コンデンサの選択.....	10
レイアウトのガイドライン.....	10
型番.....	11

絶対最大定格

EN、IN~GND.....	-0.3V~+6V
FB~GND	-0.3V~+6V
OUT、LX~GND	-0.3V~+22V
LX の RMS 電流.....	-0.7A~+0.7A
連続消費電力 (T _A = +70°C) (+70°C を超えると 10.51mW/°C でディレーティング)	840mW

動作温度範囲.....	-40°C~+125°C
最高ジャンクション温度.....	+150°C
保管温度範囲.....	-40°C~+150°C
はんだ処理温度リフロー	+260°C
リード温度 (はんだ処理、10 秒)	+300°C

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。これらの規定はストレス定格のみを定めたものであり、この仕様の動作セクションに記載する規定値以上でデバイスが正常に動作することを意味する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。

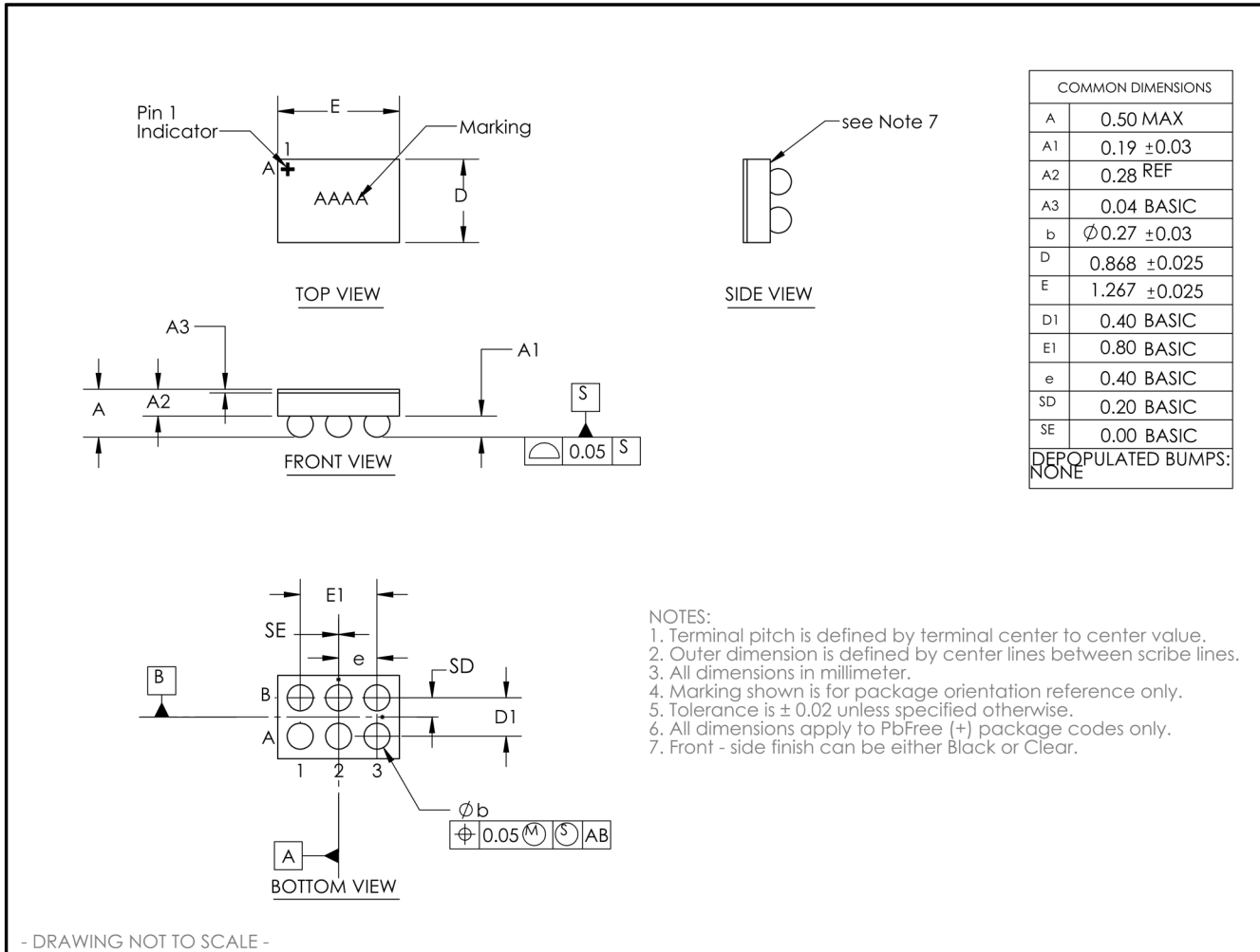
パッケージ情報

Package Code	N60N1+1S
Outline Number	21-100577
Land Pattern Number	Refer to Application Note 1891
Thermal Resistance, Four Layer Board:	
Junction-to-Ambient (θ_{JA})	95.15°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance (θ_{JC})	N/A

最新のパッケージ外形図とランド・パターン (フットプリント) に関しては、[パッケージ一覧](#)で確認してください。パッケージ・コードの「+」、「#」、「-」は RoHS 対応状況のみを示します。パッケージ図面は異なる末尾記号が示されている場合がありますが、図面は RoHS 状況に関わらず該当のパッケージについて図示しています。

パッケージの熱抵抗は、JEDEC 規格 JESD51-7 に記載の方法で 4 層基板を使用して求めたものです。パッケージの熱に対する考慮事項の詳細については、[IC パッケージの熱特性評価](#)を参照してください。

パッケージ情報 (続き)



電气的特性

(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{EN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 12V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C \sim +125^{\circ}C$ 、代表値は $T_J = +25^{\circ}C$ での値です (Note 1) 。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Voltage Range	V_{IN}	Guaranteed by input UVLO		1.8		5.5	V
UVLO	V_{UVLO}	V_{IN} rising		1.7		1.8	V
UVLO Hysteresis	V_{HYS}				100		mV
Output Voltage Range	V_{OUT}	For $V_{IN} < V_{OUT}$ target, guaranteed by I_{Q_OUT}		5.5		20	V
Feedback (FB) Accuracy	ACC	V_{FB} falling, when in Discontinuous Conduction Mode (DCM) (Note 2)		-1.25		+1.25	%
Output Load Regulation	ACC _{LOAD_REG}	$10mA < I_{IN} < 50mA$			1		%
Quiescent Supply Current Into IN	I_{Q_IN}	Not switching, $V_{OUT} = 104\%$ of regulation	$T_J = +25^{\circ}C$		28	45	μA
Quiescent Supply Current Into OUT	I_{Q_OUT}	Not switching, $V_{OUT} = 104\%$ of regulation	$T_J = +25^{\circ}C$		3.5	25	μA
Shutdown Current into IN	I_{SD_IN}	$V_{EN} = 0V$	$T_J = +25^{\circ}C$		13	200	nA
LX Leakage Current	I_{LX_LEAK}	$V_{IN} = 5.5V$, $V_{LX} = 5.5V$, $V_{OUT} = 0$, $V_{EN} = 0$	$T_J = +25^{\circ}C$		10	500	nA
Startup Time	t_{SU}	$V_{OUT} = 12V$			2.4		ms
Inductor Peak Current Limit	I_{PEAK}	$V_{IN} = 2.5V$ to $5.5V$, (Note 3)	$T_J = -40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$	90	100	110	mA
LX Maximum On-Time	t_{ON_MAX}	$V_{IN} = 3.6V$, $V_{LX} = 5.0V$, $V_{OUT} = 0$			3.4		μs
N-Channel On-Resistance	R_{DS_ON}	$V_{IN} = 3.6V$			450	900	m Ω
P-Channel On-Resistance	R_{DS_ON}	$V_{IN} = 3.6V$			320	450	m Ω
Diode Forward Voltage	V_f	$V_{IN} = 3.6V$, $I_{LX} = 100mA$			0.4		V
FB Leakage	I_{FB_LEAK}	$V_{FB} = 1.25V$	$T_J = +25^{\circ}C$		0.5	100	nA
Overtemperature Lockout Threshold	T_{OTLO}	T_J rising, $15^{\circ}C$ typical hysteresis			+165		$^{\circ}C$
Enable Voltage Threshold	V_{IL}	$V_{IN} = 1.8V$ to $5.5V$, when LX stops switching, EN falling		400	750		mV
	V_{IH}	$V_{IN} = 1.8V$ to $5.5V$, EN rising			820	1400	
Enable Input Leakage	I_{EN_LEAK}	$V_{EN} = 0V$ to $5.5V$	$T_J = +25^{\circ}C$		0.5	100	nA

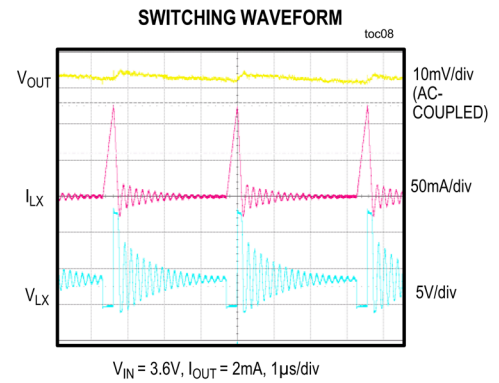
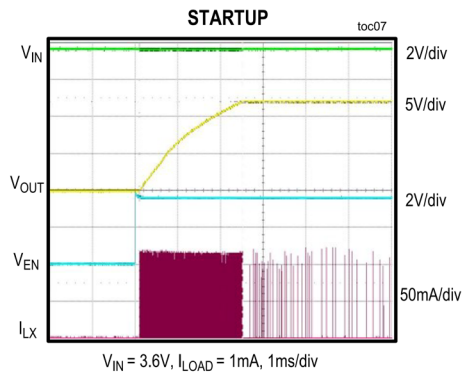
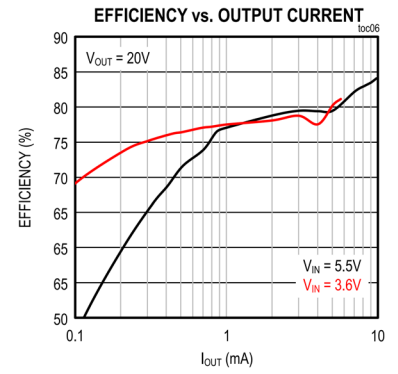
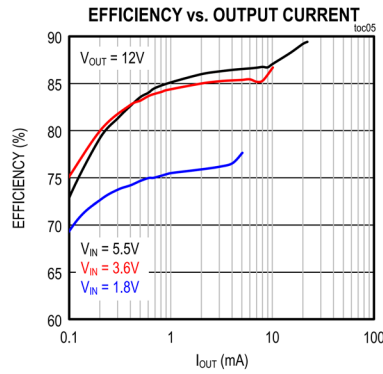
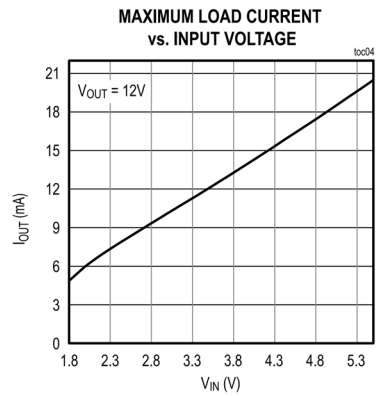
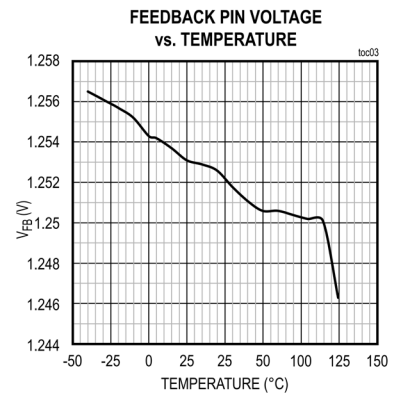
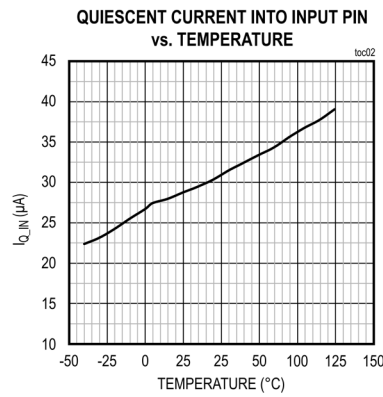
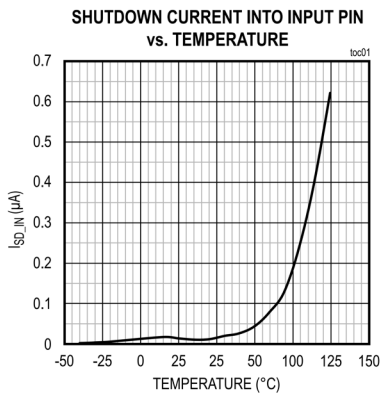
Note 1 : 制限値は $T_J = +25^{\circ}C$ において 100% 出荷テストしています。動作温度範囲にわたる制限値は、統計的品質管理 (SQC) 手法を用いた相関付けにより裏付けられています。

Note 2 : 出力精度には、負荷、ライン、およびリップルは含まれていません。

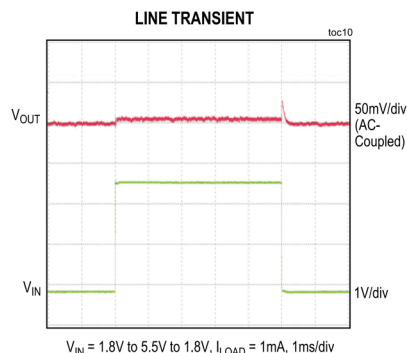
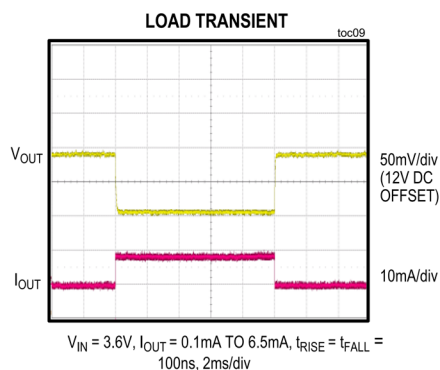
Note 3 : これは静的な測定結果です。実際のピーク電流制限値は、伝搬遅延のため V_{IN} およびインダクタによって変化します。

標準動作特性

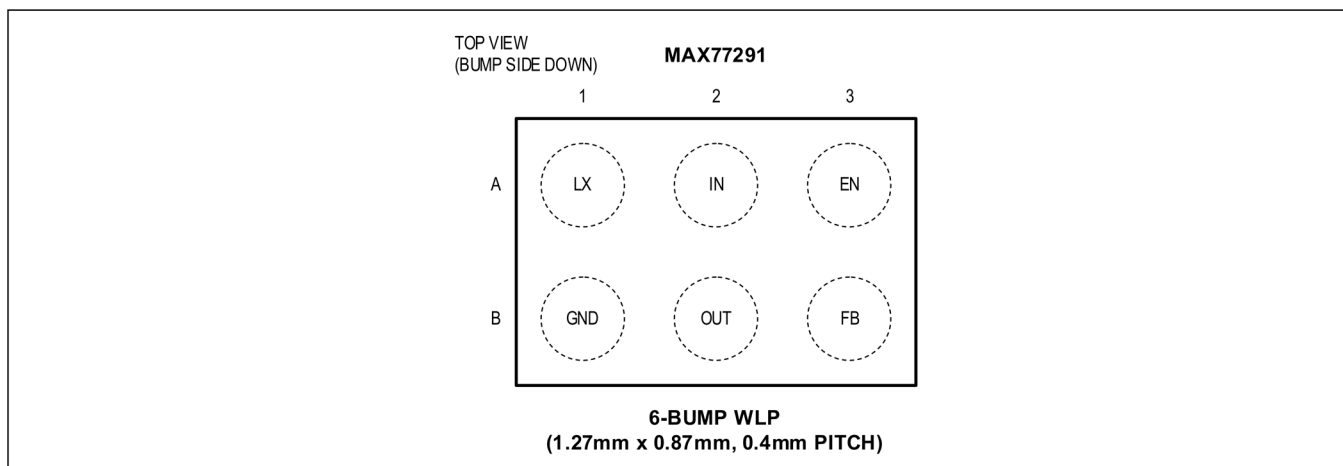
(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 12V$ 、 $T_A = +25^{\circ}C$ 、 $C_{IN} = 22\mu F$ 、 $C_{OUT} = 4.7\mu F$ 、 $L = 10\mu H$)



標準動作特性 (続き)

(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 12V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 、 $C_{IN} = 22\mu F$ 、 $C_{OUT} = 4.7\mu F$ 、 $L = 10\mu H$)

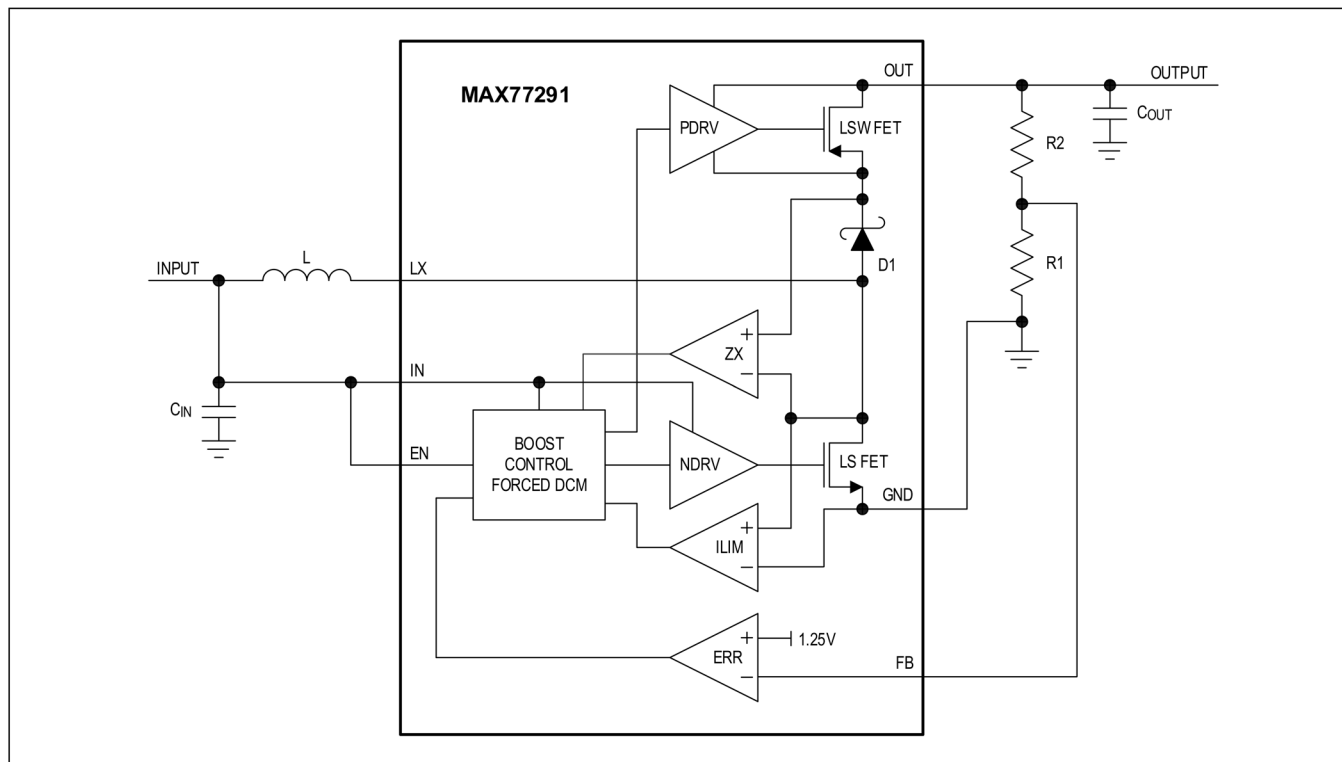
ピン配置



端子説明

ピン	名称	説明
A1	LX	スイッチング・ノード。IN と LX の間にインダクタを接続します。
A2	IN	入力電源。1.8V~5.5V の電圧源に接続し、22 μF のセラミック・コンデンサで IN から GND にバイパスします。
A3	EN	イネーブル入力、アクティブ・ハイ。このピンをハイにするとコンバータがイネーブルされます。このピンをローにするとコンバータがディスエーブルされ、シャットダウンに入ります。イネーブル機能を使用しない場合は、このピンを IN に短絡してください。
B3	FB	フィードバック。OUT と GND の間に配置した抵抗分圧器の midpoint に接続して、出力電圧を設定します。
B2	OUT	出力。OUT ピンと GND ピンの間にセラミック・コンデンサを接続します。
B1	GND	電源グラウンド。システム・グラウンド・プレーンに接続します。

機能図



詳細

MAX77291 は、100mA のピーク・インダクタ電流制限機能と True Shutdown 機能を備えた低自己消費電流の昇圧（ステップアップ）DC/DC コンバータです。True Shutdown は出力を入力から切り離して、順方向にも逆方向にも電流が流れないようにします。出力電圧は外付けの抵抗分圧器で設定します。MAX77291 は、低い自己消費電流と小さな総ソリューション・サイズで、全負荷範囲にわたって高い効率を発揮します。高集積の昇圧コンバータである MAX77291 は、センサー・モジュールなどの高電圧で小型のソリューション・サイズを必要とするアプリケーションに最適です。パワー・スイッチ、パワー・ダイオード、および出力負荷スイッチを内蔵しており、1.8V～5.5V の入力電源範囲で 5.5V～20V の電圧を出力できます。シャットダウン・モードでは負荷スイッチがオフになり、負荷を入力電圧から完全に切り離します。これにより、シャットダウン・モードにおける漏れ電流を最小限に抑えます。このデバイスは不連続導通モードで動作し、短絡保護機能と過熱保護機能を備えています。

MAX77291 は、効率向上のためにパルス周波数変調（PFM）方式による省電力モードを採用しています。オン時間は、100mA のピーク・インダクタ電流制限値によって決まります。インダクタ電流が制限値に達するとオン時間が終了し、パワー・ダイオードに順方向バイアスがかけられます。オフ時間中は電荷が出力容量に転送されて電圧が上昇します。インダクタ電流がゼロまでランプダウンするとオフ時間は終了し、出力コンデンサによって負荷に電力が供給されて出力電圧は減少します。FB 電圧がリファレンス電圧未満に低下すると、デバイスはオン時間を再開して出力電圧を上げます。MAX77291 は、平均入力電流を最大値の 50mA にクランプします。

低電圧ロックアウト

入力電圧源がランプアップまたはランプダウン中に正しい動作を確保するため、低電圧ロックアウト（UVLO）回路が実装されています。UVLO 回路は、入力電圧がランプアップして 1.75V（代表値）の UVLO スレッショルド（ V_{UVLO} ）を超えると、コンバータの動作をイネーブルします。100mV のヒステリシス（ V_{UVLO_HYS} ）により、小さな V_{IN} トランジェントによってデバイスがレギュレーションを停止してしまうのを防ぎます。 V_{IN} が $V_{UVLO} - V_{UVLO_HYS}$ を下回ると、コンバータはディスエーブルされます。

イネーブルとディスエーブル

V_{IN} が UVLO の立上がりスレッシュホールドを上回り、EN ピンがハイになる ($V_{EN} > V_{IH}$) と MAX77291 はイネーブルされます。EN ピンがローになる ($V_{EN} < V_{IL}$) と、MAX77291 はシャットダウン・モードに入ります。シャットダウン・モードの間、デバイスは入力と出力の間を絶縁します。このモードでは、 V_{IN} を通じて 13nA の電流が消費されます。イネーブル機能を使用しない場合は、EN ピンを IN に接続してください。

起動

起動時における電源からの突入電流を制限することができます。MAX77291 は、EN ピンがハイになって V_{IH} レベルを超えると起動を開始し、出力電圧が上昇を始めます。デバイスは、起動時のピーク・インダクタ電流を 100mA に制限することによって、サイクルごとに出力に転送される電荷の量を制限します。

出力短絡保護

MAX77291 は、出力電圧が入力電圧を下回った場合、常に出力電流を制限します。この機能は、出力がグランドに短絡した場合にデバイスを保護します。 V_{OUT} がグランドに短絡すると、ピーク・インダクタ電流を 100mA に制限したまま 1.5 μ s のオフ時間が実行されます。短絡イベントからの回復時、MAX77291 は入力電流を一定に維持しながら出力をレギュレーション値までランピングします。

サーマルシャットダウン

MAX77291 は、ジャンクション温度が +165°C を超えるとサーマルシャットダウンに入ります。ジャンクション温度が、サーマルシャットダウンの温度スレッシュホールドからヒステリシスを差し引いた値（通常は +150°C のレベル）を下回ると、デバイスは動作を再開します。

アプリケーション情報

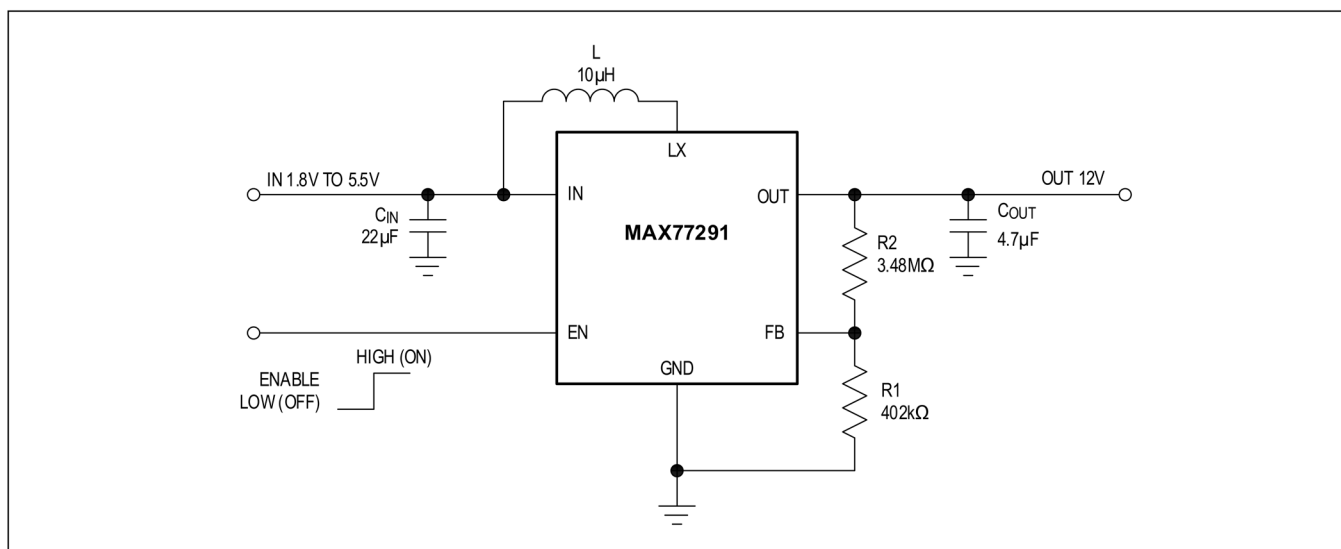


図 1. アプリケーション構成図

設計手順

出力電圧の設定

MAX77291 では、外付けの抵抗分圧器を使って V_{OUT} を設定します。つまり、外部抵抗分圧器の R1 と R2 を選択することによって、出力電圧を所望の値に設定します。出力電圧が安定化されている場合、FB ピンの電圧の代表値は 1.25V です。

$$R2 = ((V_{OUT} / V_{FB}) - 1) \times R1$$

ここで、

- V_{OUT} は所望の出力電圧
- V_{FB} は FB ピンの内部リファレンス電圧、1.25V（代表値）

最大限の精度を実現するために、R1 の値を 475kΩ より小さくし、R1 を流れる電流を FB ピンのバイアス電流より十分大きな値にすることを推奨します。また、R1 の値をできるだけ小さくすることでノイズの混入に対する耐性も向上します。R1 の値を大きくすると自己消費電流が小さくなるため、軽負荷電流時に最大限の効率を実現できます。

インダクタの選択

インダクタの選択は定常動作、過渡応答、およびループ安定性に影響を与えます。そのため、インダクタはパワー・レギュレータ設計における最も重要な要素です。特に注意すべきインダクタ仕様は、インダクタ値、飽和電流、および DC 抵抗 (DCR) の 3 つです。MAX77291 は、4.7μH~15μH のインダクタ値で動作するように設計されています。

表 1. 推奨インダクタ値

V _{OUT} (V)	L (μH)
5.5V to 7V	4.7
7V to 14V	10
14V to 20V	15

入力コンデンサと出力コンデンサの選択

入力コンデンサは、入力電源からの電流ピークを低減して効率を向上させます。入力コンデンサにはセラミック・コンデンサを推奨します。セラミック・コンデンサは、等価直列抵抗 (ESR)、サイズ、コストが最も低いからです。それ以外の種類のコンデンサも使用できますが、ESR が大きくなる可能性があります。セラミック・コンデンサの最大の短所は、DC バイアスが大きくなると容量が低下することです。そのため、すべてのアプリケーションの入力に対し、標準的な 22μF 以上のセラミック・コンデンサ (実効容量 12μF) の使用を推奨します。DC バイアス、AC リップル、温度に対する適切な容量ディレーティングについては、コンデンサのデータシートを参照してください。

出力コンデンサは、主に出力電圧リップルとループ安定性に必要な条件を満たすように選択します。このリップル電圧は容量と等価直列抵抗 (ESR) に関係するので、ESR が出力リップルに与える影響を考慮する必要があります。ESR の情報については、コンデンサのデータシートを参照してください。実効容量はバイアス、経年変化、温度、および AC 信号の関数なので、適切なディレーティングを考慮する必要があります。電圧定格には必ずマージンを持たせて、必要な出力電圧で適切な容量を確保できるようにしてください。実効出力容量の推奨値は、12V の出力で 4μF、20V で 6μF です。

レイアウトのガイドライン

あらゆるスイッチング電源 (特に高いスイッチング周波数で動作する電源) と同様に、プリント基板 (PCB) をレイアウトする際は特別な注意が必要です。PCB レイアウト時の注意が不十分であると、レギュレータが不安定になりノイズや効率面の問題が生じるおそれがあります。高速のスイッチング・エッジによる高周波ノイズの放射 (EMI) を防止するには、高周波スイッチング・パスを正しくレイアウトすることが不可欠です。LX ピンに接続するすべての配線パターンの長さや面積を最小限に抑え、スイッチング・レギュレータの下には必ずグランド・プレーンを使用します。昇圧コンバータにとって最も重要な電流パスは、整流パワー・ダイオードと出力コンデンサを経由し、GND 接続を通じて戻るパスです。この高電流パスにはナノ秒単位の立上がり時間と立下がり時間のスイッチング・エッジが含まれており、パスをできるだけ短くする必要があります。したがって、LX と OUT における寄生オーバーシュートを減らすには、出力コンデンサは OUT ピンと GND ピンのできるだけ近くに配置する必要があります。IN と GND への入力コンデンサの接続は、電源電圧リップルを減らすために短くする必要があります。出力電圧検出系統はインダクタや LX スwitching・ノードから距離を置いて配線し、ノイズと電磁干渉を最小限に抑えます。インダクタと LX ノードは、デバイス自体と部品の配置クリアランスによって、帰還ピンとその抵抗分圧器回路から離す必要があります。インダクタは、帰還ピンとその抵抗分圧器回路の反対側に配置します。また、抵抗分圧器のグランド・リファレンスはケルビン接続で GND ピンに戻す必要があります。部品面のグランド・メタルは、放熱性を高めるためできるだけ大きくしてください。グランド・プレーンを設け、複数のビアで部品面のグランドと接続することで、敏感な回路ノードのノイズ干渉を更に低減することができます。MAX77291 EV キットのレイアウトを参考にすることを推奨します。

型番

PART NUMBER	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	FEATURES
MAX77291ANT+	-40°C to +125°C	1.27mm x 0.87mm 6-Bump WLP	100mA Inductor Peak Current, Enable Input, Externally Adjustable Outputs

+は鉛 (Pb) フリー/RoHS 準拠のパッケージであることを示します。

改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	4/24	初版発行	-