



# 小型 1.8V~5.5V 入力、420nA I<sub>Q</sub>、 100%デューティサイクル動作の 1.5A nanoPower 降圧コンバータ

MAX38656

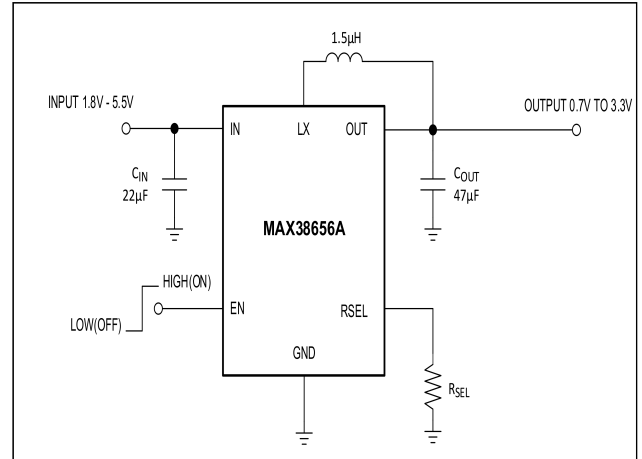
## 製品のハイライト

- バッテリ駆動時間を延長
  - 超低静止電源電流：420nA
  - シャットダウン電流：5nA
  - ピーク効率：95% (10 $\mu$ A で 85%以上)
- 容易に導入可能—一般的な動作に対応
  - 入力範囲：1.8V~5.5V
  - 1つの抵抗で設定可能な V<sub>OUT</sub>：0.7V~3.3V (MAX38656A)
  - 予め設定済みの V<sub>OUT</sub>：0.7V~5V、50mV ステップ (MAX38656B)
  - 100%デューティサイクル・モードによる低ドロップアウト動作
  - 出力電圧精度： $\pm$ 1.5%
  - 負荷電流：最大 1.5A
- 様々なユースケースでシステムを保護
  - シャットダウン時の逆電流ブロック機能
  - アクティブ放電機能
- サイズを小型化し信頼性を向上
  - 動作温度範囲：-40°C~+125°C
  - 1.58mm  $\times$  0.89mm、0.4mm ピッチ、6ピン (2  $\times$  3) WLP
  - 2mm  $\times$  2mm、8ピン TDFN パッケージ

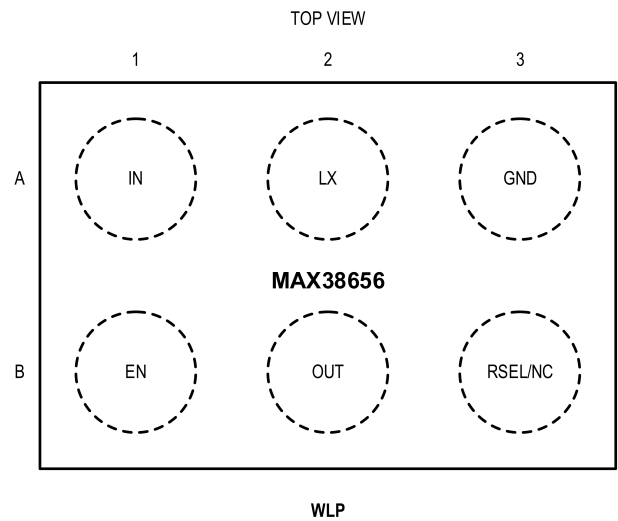
## 主なアプリケーション

- スペースに制約のある携帯型コンシューマ製品
- ウェアラブル機器、超低消費電力モノのインターネット (IoT)、狭帯域 IoT、および Bluetooth Low Energy
- 1セル・リチウムイオンおよびコイン型電池で駆動する製品
- 有線およびワイヤレスの産業用製品

## 簡略アプリケーション回路図



## ピン配置



型番はデータシート末尾に記載されています。

## 絶対最大定格

IN、EN、OUT~GND .....	-0.3V~+6V
RSEL~GND.....	-0.3V~+6Vまたは+IN+0.3Vの どちらか小さいほう
LXのRMS電流.....	-1.6A <sub>RMS</sub> ~+1.6A <sub>RMS</sub>
LX~GND (Note 1).....	-0.3V~V <sub>IN</sub> +0.3V
連続消費電力 (T <sub>A</sub> =+70°C)、WLPは70°Cを超えると 10.51mW/°Cでディレーティング) .....	840mW

TDFN (70°Cを超えると 9.8mW/°Cでディレーティング) .....	784mW
動作温度範囲 .....	-40°C~+125°C
最大ジャンクション温度 .....	+150°C
保存温度範囲 .....	-65°C~+150°C
リード温度 (はんだ処理、10秒) .....	+300°C
はんだ処理温度 (リフロー) .....	+260°C

**Note 1:** LXピンは、GNDおよびINとの間に内部クランプを備えています。これらのダイオードには、スイッチング遷移時に順方向バイアスをかけることができます。安全に動作させるためには、スイッチング遷移時にかける最大LX電流を、二乗平均平方根 (RMS) 電流定格の最大値以下にしてください。

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

## WLP

Package Code	N60R1+1
Outline Number	21-100464
Land Pattern Number	Refer to Application Note 1891
<b>THERMAL RESISTANCE, FOUR-LAYER BOARD</b>	
Junction to Ambient (θ <sub>JA</sub> )	95.15°C/W
Junction to Case (θ <sub>JC</sub> )	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、[www.maximintegrated.com/packages](http://www.maximintegrated.com/packages) 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、[www.maximintegrated.com/thermal-tutorial/](http://www.maximintegrated.com/thermal-tutorial/)を参照してください。

## 電気的特性

(特に指定のない限り、V<sub>IN</sub> = 3.3V、V<sub>OUT</sub> = 1.8V、T<sub>J</sub> = -40°C to +125°C、C<sub>IN</sub> = 22μF、C<sub>OUT</sub> = 47μF。) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Shutdown Current	I <sub>IN_SD</sub>	V <sub>EN</sub> = 0V, T <sub>J</sub> = +25°C			0.005	0.1	μA
Input Voltage Range	V <sub>IN</sub>	Guaranteed by input undervoltage lockout and output accuracy specifications		1.8		5.5	V
Input Undervoltage Lockout (UVLO)	V <sub>UVLO</sub>	R <sub>SEL</sub> > 60kΩ	V <sub>IN</sub> rising		1.75	1.8	V
Input Undervoltage Lockout	V <sub>UVLO</sub>	R <sub>SEL</sub> > 60kΩ	V <sub>IN</sub> falling	1.65	1.7		V
		R <sub>SEL</sub> < 60kΩ	V <sub>IN</sub> rising	2.45	2.5	2.65	
Output Voltage Range	V <sub>OUT</sub>	Guaranteed by output accuracy specification (MAX38656A)		0.7		3.3	V
		Guaranteed by output accuracy specification (MAX38656B)		0.7		5	

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Accuracy	ACC	V <sub>OUT</sub> falling when LX begins switching above 300kHz, V <sub>IN</sub> > V <sub>OUT</sub> + 0.3V, (Note 3)		-1.5		+1.5	%
Ultra-Low-Power Mode Overregulation Hysteresis	ULPM_HYS	Hysteresis measured as a percent of target output voltage; V <sub>OUT_TARGET</sub> = 2.5V		+1.3	+2.7	+4	%
		Hysteresis measured as a percent of target output voltage; V <sub>OUT_TARGET</sub> = 1.2V		+2	+3.3	+5.2	
		Hysteresis measured as a percent of target output voltage; V <sub>OUT_TARGET</sub> = 0.7V		+2.8	+4.3	+5.5	
DC Load Regulation	ACC <sub>LD_REG</sub>	I <sub>LOAD</sub> from 1mA to 80% of I <sub>PEAK_LX</sub>			±2.5		%
Quiescent Supply Current into IN	I <sub>Q_IN</sub>	V <sub>EN</sub> = V <sub>IN</sub> , not switching V <sub>OUT</sub> = 104% of target voltage, V <sub>OUT_TARGET</sub> = 2.5V, T <sub>J</sub> = +25°C			420	660	nA
Quiescent Supply Current into IN in 100% Mode	I <sub>Q_IN_DO</sub>	V <sub>EN</sub> = V <sub>IN</sub> = 2.2V, V <sub>OUT_TARGET</sub> = 2.5V, I <sub>LOAD</sub> = 0mA, T <sub>J</sub> = +25°C			850	1680	nA
Quiescent Supply Current into OUT	I <sub>Q_OUT</sub>	V <sub>EN</sub> = V <sub>IN</sub> , not switching V <sub>OUT</sub> = 104% of target voltage, V <sub>OUT_TARGET</sub> = 2.5V, T <sub>J</sub> = +25°C			15		nA
Soft-Start Time	t <sub>SS</sub>	V <sub>OUT</sub> = 1.8V, I <sub>OUT</sub> = 0mA			1		ms
LX Leakage Current	I <sub>LEAK_LX</sub>	V <sub>IN</sub> = V <sub>LX</sub> = V <sub>OUT</sub> = 5.5V, V <sub>EN</sub> = 0V, T <sub>J</sub> = +25°C			4.5	100	nA
Inductor Peak Current Limit	I <sub>PEAK_LX</sub>	(Note 4)		1.71	1.8	1.98	A
High-Side Channel Resistance	R <sub>DS_H</sub>				100	170	mΩ
Low-Side Channel Resistance	R <sub>DS_L</sub>				50	100	mΩ
Zero-Crossing Threshold	I <sub>ZX_LX</sub>	V <sub>OUT</sub> = 1.2V	(Note 4)	15	50	85	mA
Minimum Off-Time	t <sub>OFF_MIN</sub>				50		ns
Enable Input Leakage Current	I <sub>LEAK_EN</sub>	V <sub>IN</sub> = V <sub>EN</sub> = 5.5V, T <sub>J</sub> = +25°C			1	100	nA
Enable Voltage Threshold	V <sub>IH</sub>	V <sub>EN</sub> rising			0.8	1.2	V
	V <sub>IL</sub>	V <sub>EN</sub> falling		0.4	0.7		
Active Discharge Resistance	R <sub>OUT_DIS</sub>	V <sub>EN</sub> = 0V (MAX38656A, MAX38656B)		50	85	200	Ω
Required Select Resistor Accuracy	ACC <sub>RSEL</sub>	Guaranteed by output accuracy testing over R <sub>SEL</sub> range; use ±1% resistor from Table 1	MAX38656A	-1		+1	%
Select Resistor Detection Time	t <sub>RSEL</sub>	C <sub>RSEL</sub> < 2pF	MAX38656A	240	600	1320	μs
Thermal Shutdown Threshold	T <sub>SHUT</sub>	T <sub>J</sub> rising when output turns off			165		°C
		T <sub>J</sub> falling when output turns on			150		

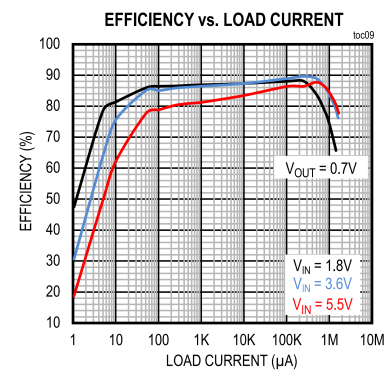
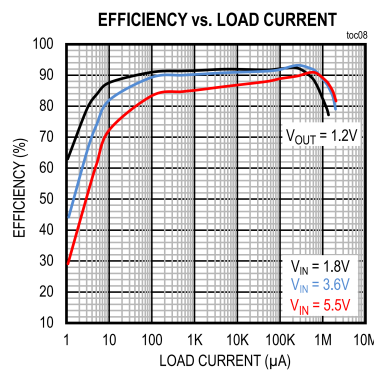
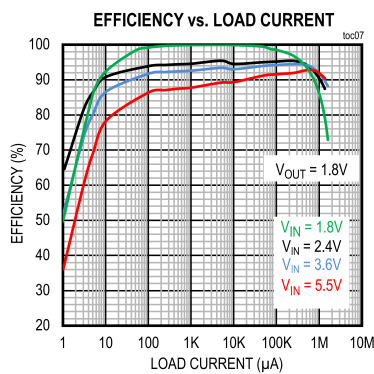
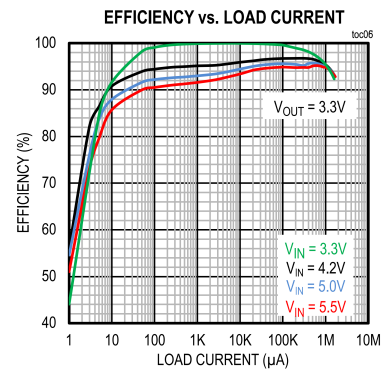
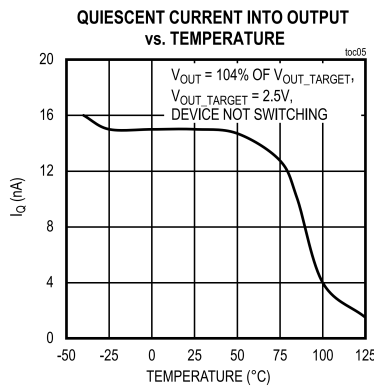
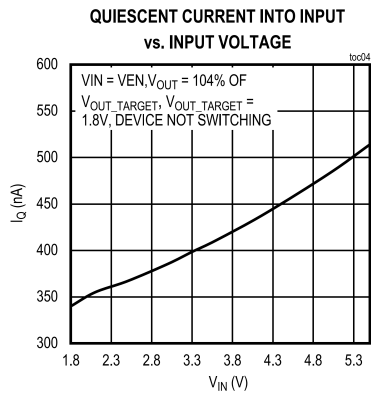
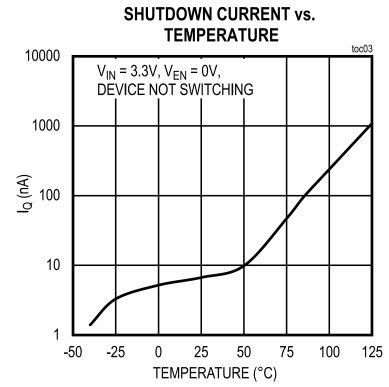
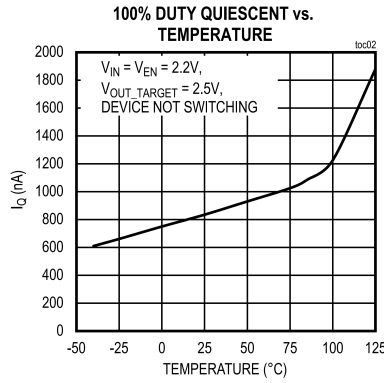
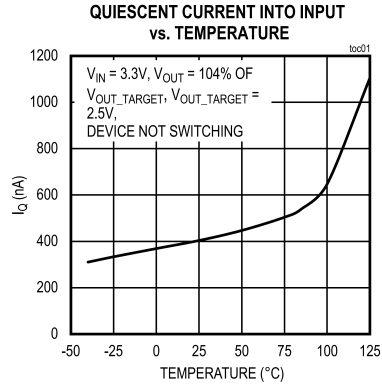
**Note 2 :** 仕様規定された動作温度範囲および電源電圧範囲における制限値は、設計および特性評価により確保されています。また、出荷テストは室温でのみ実施しています。

**Note 3 :** 低消費電力モード (LPM) における出力精度であり、負荷、配線、リップルを含みません。

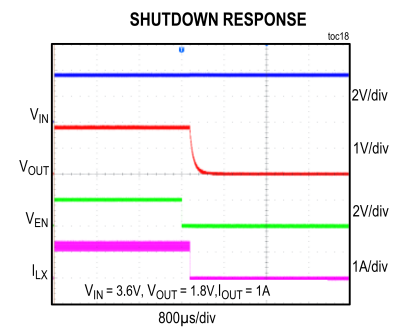
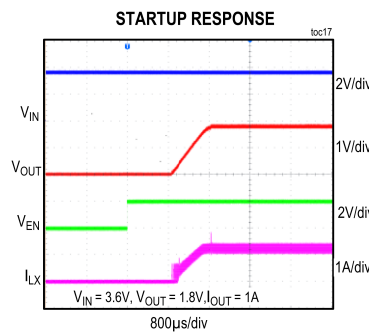
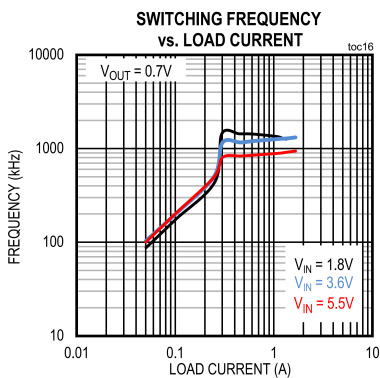
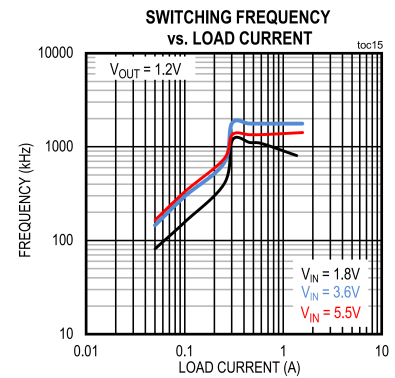
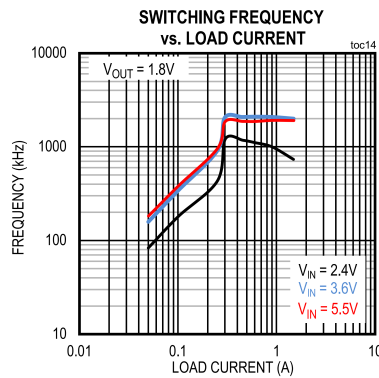
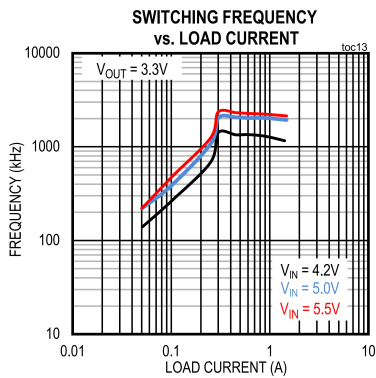
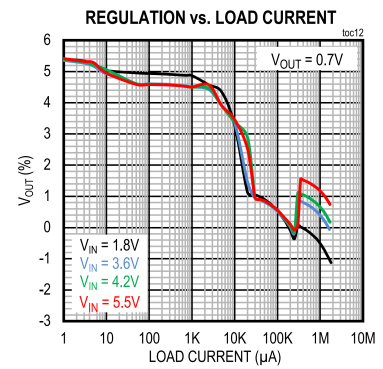
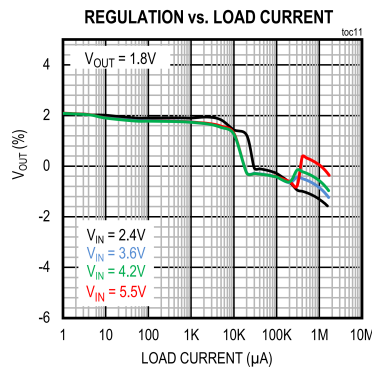
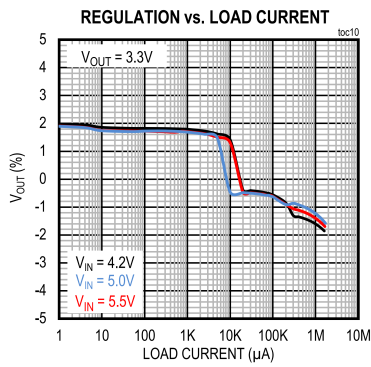
**Note 4 :** これは静的な測定結果です。実際のピーク電流制限値は、伝搬遅延のため  $V_{IN}$ 、 $V_{OUT}$  およびインダクタによって変化します。

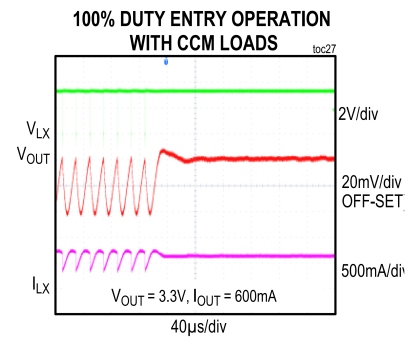
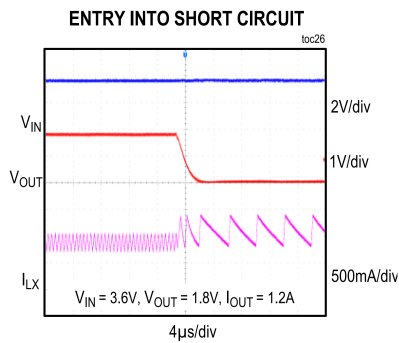
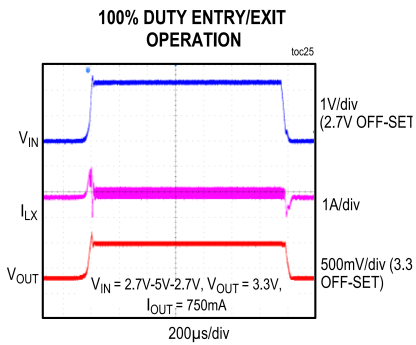
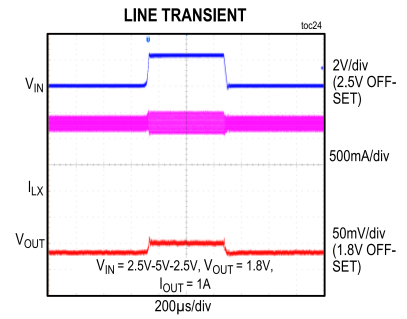
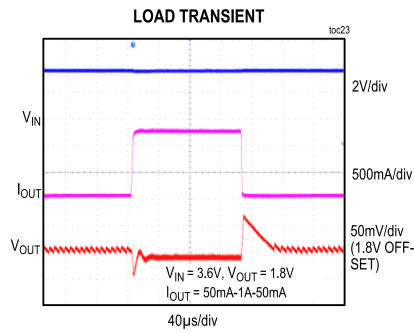
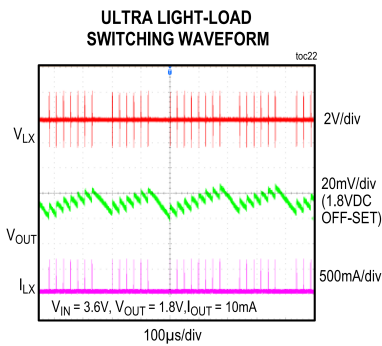
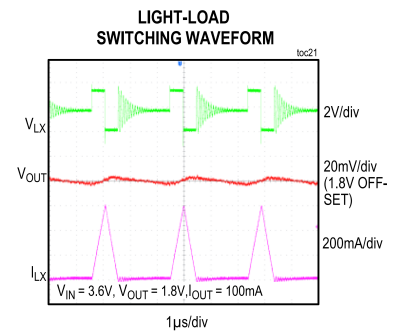
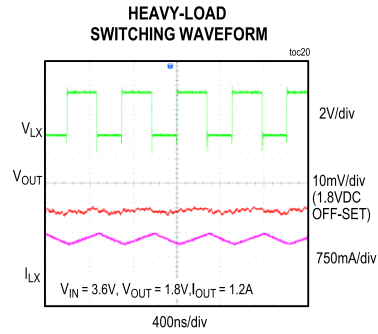
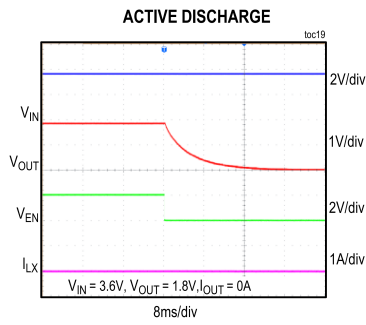
標準動作特性

特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.3V$ 、 $V_{OUT} = 1.8V$ 、 $C_{IN} = 22\mu F$ 、 $C_{OUT} = 47\mu F$ 、 $L = 1.5\mu H$ 。

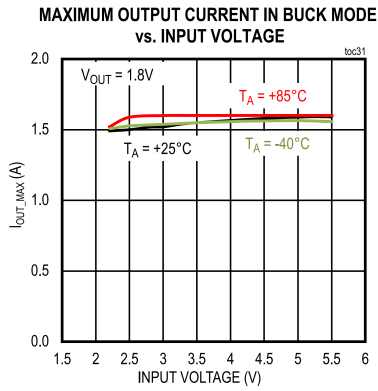
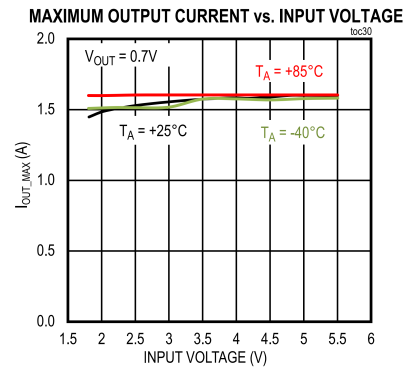
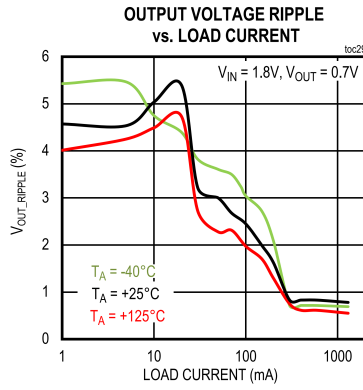
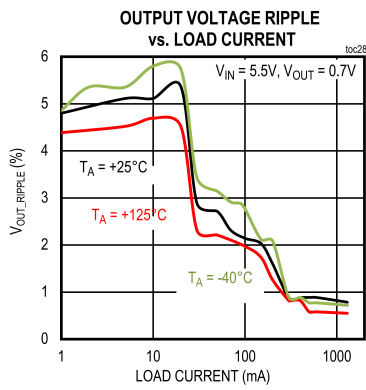


小型 1.8V~5.5V 入力、420nA  $I_Q$ 、  
100% デューティサイクル動作の  
1.5A nanoPower 降圧コンバータ





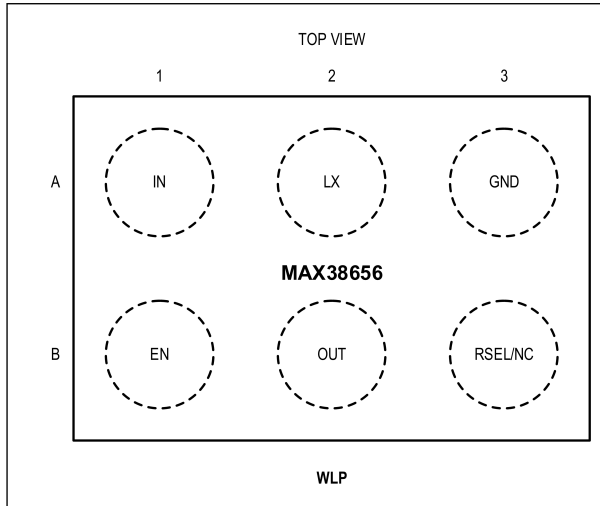
小型 1.8V~5.5V 入力、420nA  $I_Q$ 、  
100%デューティサイクル動作の  
1.5A nanoPower 降圧コンバータ





## ピン配置

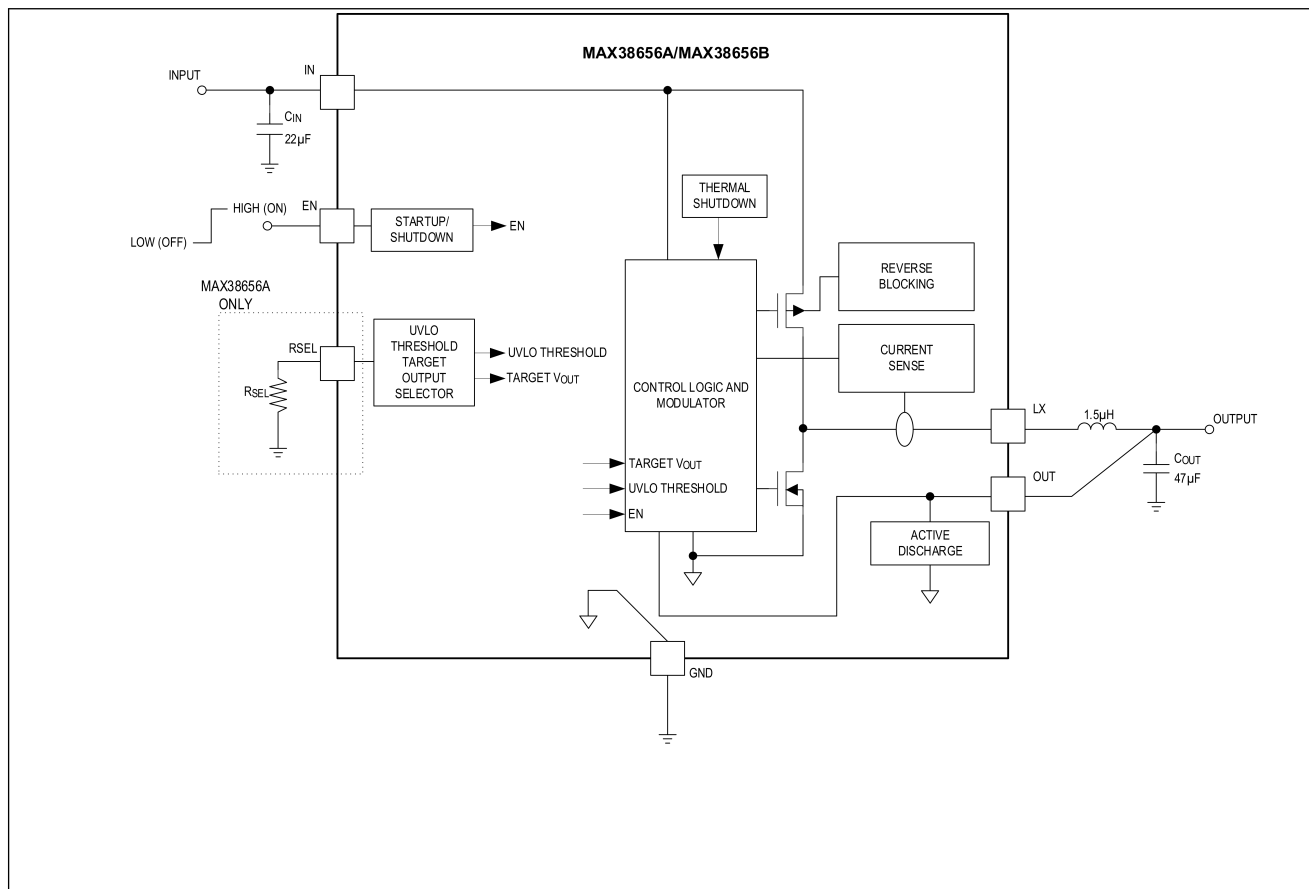
### WLP



## 端子説明

ピン	名称	説明
A1	IN	レギュレータ電源入力ピン。1.8V~5.5V の電圧源に接続し、22 $\mu$ F のコンデンサで IN から GND にバイパスします。
A2	LX	スイッチング・ノード・ピン。LX と OUT の間に推奨のインダクタを接続します。
A3	GND	グラウンド・ピン。
B3	RSEL/NC	<b>MAX38656A</b> : 表1に従いRSELとGNDの間に抵抗を接続して、出力電圧とINの低電圧スレッシュホールドを設定します。 <b>MAX38656B</b> : デバイスは予め設定済みのため、このピンは接続せず、フローティング状態にします。
B2	OUT	出力電圧ピン。電圧降下を無くすため、正確なレギュレーションが必要な位置 (47 $\mu$ F出力コンデンサ) で負荷に接続してください。
B1	EN	イネーブル入力ピン。このピンをハイにすると、降圧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、降圧コンバータはディスエーブルされ、シャットダウンに入ります。

## 機能ブロック図



## 詳細

MAX38656 は超低 I<sub>Q</sub> (420nA) の降圧コンバータで、1.8V~5.5V の入力電圧範囲を備えており、RSEL ピンに 1 個の抵抗を接続することで 0.7V~3.3V の広範な出力電圧に降圧する MAX38656A と、工場出荷時に予め設定された 0.7V~5V の固定出力電圧に降圧する MAX38656B があります。MAX38656B では、RSEL ピンをフローティング状態にすることができます。

MAX38656 降圧コンバータは、堅牢性に優れた機能を提供します。負荷の全範囲で効率と過渡応答を最適化するため、この降圧コンバータは、負荷電流に応じて、超低消費電力モード (ULPM)、低消費電力モード (LPM)、高出力モード (HPM) の切替えを自動的に行い、負荷に適した動作を行います。ULPM では降圧コンバータはオーバーレギュレーションを行い、出力コンデンサで過渡的な負荷電流に対処できるようにします。MAX38656 のモードの遷移については、[図 1](#) を参照してください。このデバイスは、100%デューティサイクル動作が可能です。周囲温度が +85°C を超えるアプリケーションでは、降圧コンバータの出力における負荷電流が常に 10µA を超えるようにしてください。

デバイスのシャットダウン時には、MAX38656A/MAX38656B のアクティブ放電抵抗によって OUT はグランドまで低下します。

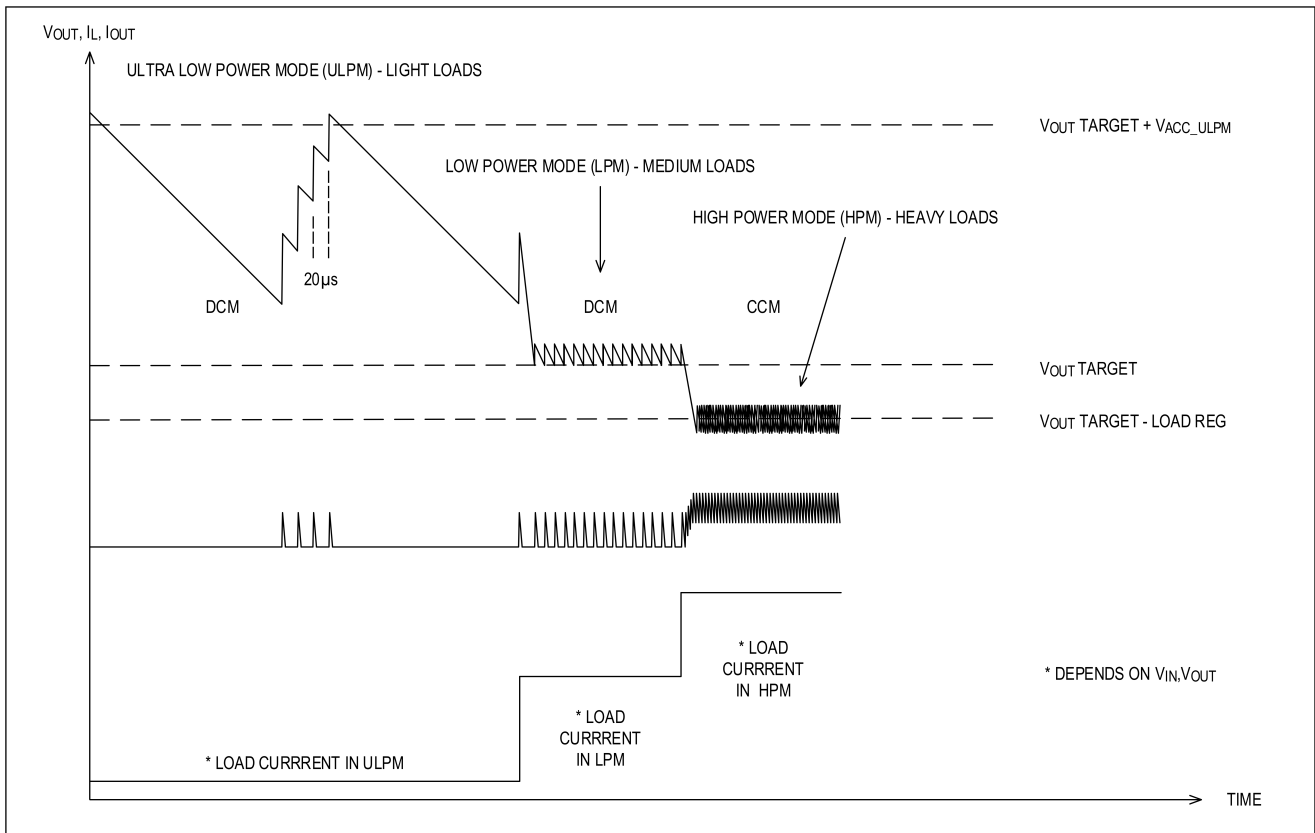


図 1. モードの遷移

## イネーブル・モード

$V_{IN}$  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 MAX38656 はイネーブルになります。MAX38656A では、RSEL ピンの読出しには遅延があり、その後、ソフトスタート機能が開始されます。

## ディスエーブル・モード

EN ピンがローになる ( $V_{EN} < V_{IL}$ ) と、MAX38656 はディスエーブル (シャットダウン) モードに入ります。シャットダウン時には、 $V_{IN}$  を通じて 5nA の電流が消費されます。デバイスがディスエーブルになっている場合にのみ、出力の逆電流ブロック機能が有効になります。

## 電圧の設定

必要な出力電圧を表 1 の中から選択することで、 $R_{SEL}$  の抵抗値を決定してください。

MAX38656A は、RSEL ピンによって起動時に出力電圧と入力 UVLO スレッシュホールドを設定します。許容誤差が 1% (以内) で、表 1 に記載された公称値の抵抗を用います。

起動時に、MAX38656 は選択した  $R_{SEL}$  の抵抗値を読み出すため、検出時間 (通常  $600\mu s$  ( $t_{RSEL}$ )) の間、最大  $200\mu A$  を供給します。

このピンの合計容量が 2pF 未満になるように注意を払ってください。詳細については、PCB レイアウト時のガイドラインを参照してください。

$R_{SEL}$  によって出力電圧を選択する方法には、以下のように多くのメリットがあります。

- 従来のコンバータでは、帰還抵抗分圧器を通じて連続的に出力から電流が流れます。MAX38656 では、起動時に  $200\mu A$  の電流が流れるだけなので、軽負荷時の効率を向上させることができます。
- 2つの抵抗を使用する一般的なフィードバック接続に対して、1つの抵抗しか必要としないため、コストの低減とサイズの小型化が可能です。
- $R_{SEL}$  により、標準的な 1%抵抗を 1つ変えるだけで様々な出力電圧が可能となるため、在庫管理システムに本製品を 1つ登録するだけで複数のプロジェクトに使用することができます。

- R<sub>SEL</sub>により、低インピーダンスの外部帰還抵抗を使用する代わりに高インピーダンスの内部帰還抵抗を使用できるため、超低消費電力アプリケーションを実現できます。

表 1. MAX38656A R<sub>SEL</sub> の選択表

TARGET OUTPUT VOLTAGE (V)	R <sub>SEL</sub> (kΩ)	INPUT UVLO THRESHOLD, RISING (V)
2.5	OPEN	1.75
2	909	
1.8	768	
1.5	634	
1.3	536	
1.25	452	
1.2	383	
1.15	324	
1.1	267	
1.05	226	
1	191	
0.95	162	
0.9	133	
0.85	113	
0.8	95.3	
0.75	80.6	
0.7	66.5	
3.3	56.2	
3	47.5	
2.8	40.2	
2.75	34	
2.5	28	
2	23.7	
1.8	20	
1.5	16.9	
1.25	14	
1.2	11.8	
1.15	10	
1.1	8.45	
1.0	7.15	
0.95	5.9	
0.9	4.99	

注：MAX38656B では、出力電圧は予め設定されています（RSELによる設定不要）。0.7V~5.0V（50mV ステップ）の範囲で予め出力電圧が設定された品種のオーダーについては、アナログ・デバイセズの販売代理店にお問い合わせください。出力電圧設定済み製品の入力 UVLO スレッシュホールドは 1.75V（V<sub>IN</sub> 立上がり）で、50mV のヒステリシスがあります。

## 100%デューティサイクル動作

MAX38656 は、100%デューティサイクル動作が可能です。入力電圧が出力電圧に近づくと、MAX38656 はスイッチングを停止して 100%デューティサイクル動作に入ります。この動作では、ハイサイド・パワー・スイッチとインダクタを通じて出力が入力に接続されます。100%デューティサイクル・モードへの移行は、IN ピンと OUT ピンの電圧リップルに左右されます。C<sub>IN</sub> と C<sub>OUT</sub> の推奨容量については、[入力コンデンサの選択](#)と[出力コンデンサの選択](#)のセクションを参照してください。入力電圧が再び増加して V<sub>OUT</sub> が目標レベルより 5%以上上回ると、コンバータはレギュレーションを再開します。軽負荷時の 100%デューティサイクル・モードでは、デバイスはわずか 850nA しか電流を消費しませんが、インダクタ電流が電流制限値を超えないよう保護を続けます。

## アクティブ放電

MAX38656 は、OUT ピンから GND への放電抵抗を内蔵しています。この放電抵抗は、コンバータがディスエーブルされると有効になり、出力コンデンサが素早く放電されるようにします。放電抵抗の代表値は 85Ω です。

## アプリケーション情報

## 代表的なアプリケーション

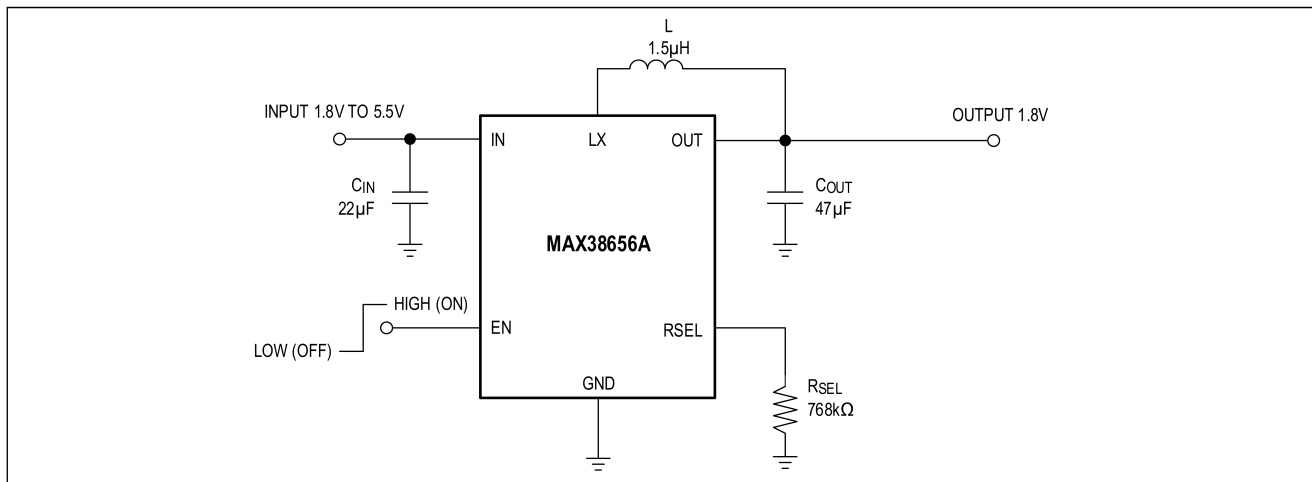


図 2. MAX38656A を使用した 1.8V 降圧コンバータ

## インダクタの選択

MAX38656 のインダクタ値は、リップル電流、LPM から HPM への遷移点、および全体の効率に影響を与えます。インダクタ値が 1.5µH のものを使用することを推奨します。

## 入力コンデンサの選択

入力コンデンサ (C<sub>IN</sub>) は、バッテリーまたは入力電源から流れるピーク電流を低減します。また、IC のスイッチング・ノイズを低減します。スイッチング周波数における C<sub>IN</sub> のインピーダンスは極めて低い値にしてください。サイズが小さく ESR が低いことから、セラミック・コンデンサを推奨します。ほとんどのアプリケーションで、X7R の温度特性を持つ 22µF のセラミック・コンデンサを推奨します。周囲温度が +85°C 以下で動作するアプリケーションでは、X5R を使用可能です。100%デューティサイクル動作、あるいはこれに近い動作を行うアプリケーションでは、C<sub>IN</sub> に更に 10µF 追加することを推奨します。

## 出力コンデンサの選択

出力コンデンサ (C<sub>OUT</sub>) は、出力電圧リップルを小さく保ち、ループの安定性を確保するために必要です。C<sub>OUT</sub> はスイッチング周波数でのインピーダンスが低くなるようにしてください。サイズが小さく ESR が低いことから、セラミック・コンデンサを推奨します。温度および DC バイアス範囲においてコンデンサの容量が大きく劣化しないことを確認してください。+85°C 以下の周囲温度で動作させる場合は、X5R の温度特性を持つセラミック・コンデンサを使用できます。それ以外の場合は X7R のコンデンサを推奨します。出力電圧が 1.5V 未満の場合は最小 27µF の実効容量を、1.5V 以上の場合は最小 20µF の実効容量を使用してください。100%デューティサイクル動作、あるいはこれに近い動作を行うアプリケーションでは、実効出力容量を倍の値にすることを推奨します。

## PCB レイアウト時のガイドライン

nanoPower DC/DC コンバータは、PCB レイアウトを慎重に行うことが特に重要です。レイアウトが適切でない場合、IC 性能に影響を及ぼし、電磁干渉 (EMI)、電磁両立性 (EMC) の問題、グラウンド・バウンス、電圧低下などが発生するおそれがあります。また、レイアウトが悪いとレギュレーションと安定性にも影響を及ぼします。

以下のルールに従うことで優れたレイアウトを実現できます。

- インダクタ、入力コンデンサ、および出力コンデンサは、短い配線パターンやベタ銅箔を使用して、できるだけ IC の近くに配置します。これらの部品には高いスイッチング電流が流れるため、長い配線パターンはアンテナとして機能してしまいます。PCB レイアウトにおいて最も重要となるのが入力コンデンサの配置で、IC のすぐ近くで直接接続するようにしてください。インダクタと出力コンデンサの配置は、入力コンデンサの配置ほど重要ではありませんが、IC の近くにする必要があります。

- 入力コンデンサの下側プレートとデバイスのグラウンド・ピンの間の接続は極めて短くしてください。出力コンデンサの下側プレートについても同様にしてください。
- また、入力コンデンサの上側プレートとデバイスの IN ピンとの接続も同じように短くしてください。
- LX はノイズの最も多いノードであるため、これに使用される表面積は最小にします。
- IN、LX、OUT、および GND から成るメインの電力経路はできるだけ小さく短くしてください。
- 出力電圧検出はインダクタや LX スイッチング・ノードから一定の距離を置いて接続し、ノイズと電磁干渉を最小限に抑えます。
- 部品面のグラウンド・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。グラウンド・プレーンを設け、複数のビアで部品面のグラウ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。
- RSEL 信号用の配線パターンは長すぎたはいけません。また、容量が 2pF を超えてはいけません。

## 型番

PART NUMBER	OUTPUT CURRENT (A)	ACTIVE DISCHARGE	FEATURES	PIN-PACKAGE
MAX38656AANT+	1.5	Yes	0.7V to 3.3V Resistor Selectable Output Voltage Using RSEL Pin	6 WLP
MAX38656BANT_ _ +*	1.5	Yes	0.7V to 5V Preprogrammed Output Voltage	6 WLP

\*発売予定の製品 - 発売時期についてはお問い合わせください。

+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。

T=テープ&リール。

## 改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	11/22	市場投入のためのリリース	-